

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCIANA DUQUE SILVA

**MELHORAMENTO GENÉTICO DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET
CAMBAGE VISANDO A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA EM ÁREAS
DE OCORRÊNCIA DE GEADAS SEVERAS**

CURITIBA

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCIANA DUQUE SILVA

**MELHORAMENTO GENÉTICO DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET
CAMBAGE VISANDO A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA EM ÁREAS
DE OCORRÊNCIA DE GEADAS SEVERAS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, Setor de
Ciências Agrárias, Universidade Federal do
Paraná, como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Antonio Rioyei Higa

Co-orientadores: Dr. Marcos Deon Vilela de
Resende

Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

Prof. Dr. Heinrich Spiecker

CURITIBA

2008

DEDICO

Aos meus pais Walter e Sueli, pelo grande amor.

Às minhas irmãs Juliana e Tatiana, pela eterna amizade.

Aos meus sobrinhos Bianca, Cauã e Raíssa, pela grande alegria que representam.

AGRADECIMENTO

À Deus, pela vida, benção e proteção.

Ao meu orientador e grande amigo Antonio Rioyei Higa, pelos ensinamentos, pelo apoio, pelas oportunidades, pela amizade, pela atenção, por todos os momentos de descontração e pelo grande exemplo de profissional, serei sempre grata.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), por meio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

A toda equipe da EPAGRI de Chapecó e de Caçador, pelo apoio logístico e grande atenção, em especial aos pesquisadores Paulo Afonso Floss, Dorli Mario da Crosse e Gabriel Berenhauser Leite.

Ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de estudo.

Ao comitê de orientação, formado pelo Dr. Marcos Deon Vilela de Resende, Dr. José Nivaldo Garcia e Prof. Heinrich Spiecker, pela grande atenção despendida e pelas significativas contribuições para o aperfeiçoamento do trabalho.

Ao apoio do Laboratório de Estrutura da Madeira da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz/USP.

Ao apoio oferecido pela equipe do Instituto de Crescimento Florestal da Universidade de Freiburg, na Alemanha, em especial ao amigo Jens Günther.

À banca examinadora, formada pelos Drs. Mário Luiz Teixeira de Moraes, José Nivaldo Garcia, Joel Maurício Corrêa da Rosa, Graciela Ines Bolzon de Muñiz, pelas sugestões e correções apresentadas.

Aos amigos do Laboratório de Melhoramento Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela incrível acolhida e pelos ótimos momentos de convívio.

Aos amigos da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz /USP pelos intermináveis momentos de trabalho, sempre muito descontraído, Carolina, Danilo, Maristela, Cláudia, Faco, Branco, Biro, Magrão e Sidy.

À minha querida família pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida, o meu muito obrigado por tudo que representam para mim.

À minha amada avó Alaide, o meu grande exemplo de mãe e mulher, que mesmo com sua fragilidade representa o pilar da família.

À minha querida mãe postiça Carmen e a sua maravilhosa família por todo carinho, paciência e atenção.

Aos professores e eternos amigos Hugo Barbosa Amorim e Maurício Balesteiro Pereira, que desde o início dessa jornada me incentivaram e apoiaram.

Aos amigos distantes, que sempre se fizeram presentes em todos os momentos e aos amigos próximos por todo apoio e companheirismo, em especial à Juliana Freire, Luciene, Luciane, Ludmila, Eluisa e Jeferson.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

RESUMO

Eucalyptus benthamii Maiden et Cabbage ocorre naturalmente em duas pequenas populações e em um grupo com alguns indivíduos isolados, próximo a Sydney, Austrália, onde é considerada espécie em extinção desde 1981 (Higa, 1999). Essa espécie foi introduzida recentemente no Brasil onde, em plantios experimentais, tem mostrado elevada resistência à geadas, rápido crescimento, boa forma de fuste e alta homogeneidade do talhão (Graça *et al.*, 1999). Este estudo tem por objetivo definir uma estratégia de melhoramento genético visando disponibilizar material genético com alto potencial de crescimento, resistência à geada e baixa tensão de crescimento. Para isso foi instalado um teste de progênies em quatro locais com ocorrência de geadas no estado de Santa Catarina. O teste foi instalado em delineamento de blocos ao acaso com 32 famílias (tratamentos), sete plantas por parcela repetidas cinco vezes. As observações de danos causados por geada foram realizadas até dois anos de idade. As avaliações de crescimento, DAP, altura total e também de forma do fuste foram realizadas anualmente até o quarto ano de idade. Além dessas avaliações de crescimento foram instalados, em um dos locais, pontos de dendrômetro capazes de registrar variações radiais a cada cinco minutos, com a finalidade de avaliar as diferenças de crescimento diametral entre duas famílias com diferentes taxas de crescimento. A avaliação de tensão de crescimento foi realizada em cinco plantas desbastadas de cada parcela das 32 famílias presentes nos cinco blocos. Como medidas indiretas de tensão de crescimento, foram avaliadas as flechas de costaneira e vigote, rachadura de topo de tora e da prancha central. Parâmetros genéticos das características de crescimento, danos causados por geadas, forma e das características indiretas de tensão de crescimento, foram estimados usando o software SELEGEN desenvolvido por Resende (2002). Com base nesses resultados, foi definida uma estratégia de melhoramento genético visando otimizar ganhos genéticos, a curto e longo prazo, para crescimento áreas com ocorrência de geadas, associado à baixa tensão de crescimento. Na estratégia foi definida que: as quatro localidades onde o teste de progênies foi instalado deverão ser agrupadas em duas zonas de melhoramento (ZM) para uso de material de sementes como material de propagação; o ZM 1 - Caçador, Calmon e Chapecó ; e ZM 2 – Vargem Bonita. O melhoramento a longo-prazo será baseado na seleção dentro de família (14,3%) para o teste de progênies instalado em Caçador e Calmon, o que manterá um tamanho efetivo (N_e) de 80. Para melhoramento a curto-prazo, a seleção deverá ser realizada para cada ZM. Para ZM 1, seleção entre (50%) e dentro (14,3%) de família no teste de progênies instalado em Chapecó. Para ZM 2, seleção entre (50%) e dentro (14,3%) de família no teste de progênies instalado em Vargem Bonita. Como as variáveis de crescimento, resistência a geada e tensão de crescimento apresentaram baixa correlação genética entre si, a seleção baseada nos valores genéticos das variáveis de crescimento, resistência a geada e tensão de crescimento, considerando pesos iguais para todas as variáveis seleção, é o método que melhor otimiza o ganho genético entre as variáveis avaliadas para a ZM1. Como não foi feita avaliação de tensão de crescimento para as árvores de Vargem Bonita (ZM 2), a seleção deverá ser baseada nos valores genéticos das variáveis de crescimento, resistência a geada considerando a pesos de 0.75 para a variável de crescimento e 0.25 para a variável de resistência a geada.

Palavras-chave: *Eucalyptus benthamii*; teste de progênies; resistência a geada; tensão de crescimento; estratégia de melhoramento, pontos de dendrômetro.

ABSTRACT

Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage is naturally distributed at two restricted areas located on the western region of Sydney, Australia. It occurs on lowlands along the Nepean River and its tributaries (HIGA, 1999). The species was recently introduced in Brazil and nowadays, it is the most wanted species by the tree planters in frost prone areas. According to Higa e Pereira (2003) who studied its wood quality, the species is recommended for energy and pulp production, but it is not suitable for saw logs. This paper aimed to discuss breeding strategies to produce genetically improved material for growth and wood quality of *E. benthamii* to establish plantations on frost prone areas. The study was based on an open pollinated progeny test established on four locations on the highland of Santa Catarina, where frosts are severe. A randomized block design, with 32 progenies, five blocks and seven plants per plot was used. Plants were spaced by 3m x 2m. A double line border was used to isolate the experiment. Frost damages were evaluated on the first and second year of plants age. Height and DBH (diameter at breast height) and bole straightness were evaluated at year four. Twenty dendrometer points were installed at DBH on ten trees of two families, planted at one of the four locations. Data related to diameter variations, temperature, air humidity, soil water tension at 30 and 60 cm deep were collected at five minutes intervals and stored in a data logger. Wood growth was measured on five trees thinned in each plot. Deflection of the first slab, deflection of the beam cut and end board splitting on the central inner board were measured as an indirect evaluation of wood growth tension. The genetic parameters for growth, frost damages, bole straightness, and wood growth tension were estimated using Selegen, a genetic analysis software developed by Resende (2002). Based on these results, a breeding strategy was established for the *E. benthamii* genetic material studied, considering seed production (sexual reproduction) and cloned seedlings production (vegetative reproduction) for short and long duration program. In the strategy based on seed propagation, the four locations where the progenies test were established were grouped into two breeding zones: o ZM 1 - Caçador, Calmon e Chapecó ; e ZM 2 – Vargem Bonita. Long term breeding will be based on within family selection (14,3%) for the test established at Caçador and Calmon, which will give a population size (N_e) of 80. For short term breeding, the selection should be done in each breeding zone. For breeding zone 1, selection between (50%) and within (14,3%) families in the progenies test established in Chapecó, due this location presented high genetic correlation with the two other locations within the same breeding zone 1. For breeding zone 2, selection between (50%) and within (14,3%) families in the progenies test located in Vargem Bonita. As the growth, frost resistance and wood tension were low genetically correlated, the selection based on the breeding values for these traits, considering the same weight, is the most suitable to optimize the genetic gain for all traits evaluated at breeding zone 1. The genetic material planted at Vargem Bonita (breeding zone 2) was not evaluated for wood growth tension, therefore, the selection should be base don breeding values for growth and frost resistance, considering the weight of 0.75 and 0.25, respectively.

Key-words: *Eucalyptus benthamii*; progeny test; frost resistance; wood growth tension; breeding strategies, dendrometer points.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – MAPA DE OCORRÊNCIA DE GEADAS NO ESTADO DO SANTA CANTARINA.....	8
FIGURA 2 – DANOS CAUSADOS POR GEADAS EM <i>E. dunnii</i> (À DIREITA) EM RELAÇÃO AO <i>E. benthamii</i> (À ESQUERDA) NA REGIÃO DE LAGES - SC.....	11
FIGURA 3 – LOCAIS DE INSTALAÇÃO DO TESTE DE <i>E. benthamii</i> NO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	34
FIGURA 4 – TENSÍÔMETRO INSTALADO À 30CM DE PROFUNDIDADE NO SOLO.....	73
FIGURA 5 – TENSÍÔMETRO INSTALADO À 60CM DE PROFUNDIDADE NO SOLO.....	73
FIGURA 6 – VISTA FRONTAL DO PONTO DE DENDRÔMETRO.....	73
FIGURA 7 - VISTA LATERAL DO PONTO DE DENDRÔMETRO.....	73
FIGURA 8 – ESTAÇÃO METEOROLÓGICA E CAIXA METÁLICA COM O SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DOS DADOS.....	74
FIGURA 9 – DETALHE DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE DADOS.....	74
FIGURA 10 – EXEMPLO DE UMA ANÁLISE DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁRVORES POR REGRESSÃO.....	77
FIGURA 11 - INCREMENTO RADIAL MÉDIO DAS FAMÍLIAS F11 E F24, UMIDADE RELATIVA DO AR, TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO À 30 E 60CM, PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E INSOLAÇÃO DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.....	79
FIGURA 12- ANÁLISE DE ÁRVORE DA MÉDIA DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 11.....	86
FIGURA 13 - ANÁLISE DE ÁRVORE DA MÉDIA DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 24.....	87
FIGURA 14 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO MÉDIO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 11.....	89
FIGURA 15 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO MÉDIO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 24.....	89
FIGURA 16 – INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DAS FAMÍLIAS 11 E 24 NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DO ANO DE 2007.....	90

FIGURA 17 – INCREMENTO RADIAL DAS ÁRVORES DA FAMÍLIA F11, UMIDADE RELATIVA DO AR, TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO A 30 E 60 CM, PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E INSOLAÇÃO DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.....	92
FIGURA 18 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 11.....	98
FIGURA 19 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVIDUO 8 DA FAMÍLIA 11..	99
FIGURA 20 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 1 DA FAMÍLIA 11.....	101
FIGURA 21 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVIDUO 1 DA FAMÍLIA 11..	102
FIGURA 22 – INCREMENTO RADIAL DAS ÁRVORES DA FAMÍLIA F24, UMIDADE RELATIVA DO AR, TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO A 30 E 60 CM, PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E INSOLAÇÃO DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.....	104
FIGURA 23 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 24.....	108
FIGURA 24 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVIDUO 9 DA FAMÍLIA 24..	109
FIGURA 25 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 24.....	111
FIGURA 26 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVIDUO 6 DA FAMÍLIA 24..	112
FIGURA 27 – INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MÉDIO DAS FAMÍLIAS 11 E 24 DURANTE O ANO DE 2007, NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO E O SOMATÓRIO DOS VALORES DA INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO ANUAL.....	113
FIGURA 28 – INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DE MAIOR E MENOR INCREMENTO RADIAL DAS FAMÍLIAS 11 E 24 DURANTE O ANO DE 2007, NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO E O SOMATÓRIO DOS VALORES DA INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO ANUAL.....	114
FIGURA 29 – VEDAÇÃO DOS TOPOS DAS TORAS LOGO APÓS O CORTE.....	122
FIGURA 30- PROCESSO DE OBTENÇÃO DA COSTANEIRA.....	122
FIGURA 31 – PROCESSO DE OBTENÇÃO DA VIGA CENTRAL DA COSTANEIRA E DE MEDIÇÃO DO ARQUEAMENTO OU ENCURVAMENTO.....	123
FIGURA 32 – PROCESSO DE MEDIÇÃO DO COMPRIMENTO DAS RACHADURAS DE EXTREMIDADE DE TÁBUA CENTRAL	124

FIGURA 33 – TÁBUA CENTRAL DE <i>E. benthamii</i> RACHADA.....	128
FIGURA 34 – FIGURA 7 – TÁBUA CENTRAL DE <i>E. benthamii</i> SEM RACHADURA.....	128
FIGURA 35 – MEDIÇÃO DO ENCURVAMENTO.....	140
FIGURA 36 – MEDIÇÃO DO ARQUEAMENTO.....	140

LISTAGEM DE TABELAS

TABELA 1 – ESTIMATIVAS DA HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO NA AVALIAÇÃO DE PLANTAS INDIVIDUAIS PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E DENSIDADE DA MADEIRA EM <i>E. grandis</i> E <i>E. urophylla</i>	27
TABELA 2 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURAS, UMIDADE, INSOLAÇÃO E DIAS COM OCORRÊNCIA DE GEADA DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	35
TABELA 3 – ESTIMATIVAS DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO GENÉTICA ADITIVA EM NÍVEL DE PLANTAS DAS CARACTERÍSTICAS VOLUME _{CC} X DAP E VOLUME _{CC} X ALTURA, NOS DIFERENTES LOCAIS DE INSTALAÇÃO DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i>	44
TABELA 4 – PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIÁVEL DAP DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIE DE <i>E. benthamii</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE AVALIAÇÃO	46
TABELA 5 – VOLUME TOTAL COM CASCA NAS PARCELAS DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> PLANTADOS EM QUATRO LOCAIS EM SANTA CATARINA, AOS 44 MESES DE IDADE.....	49
TABELA 6 – SOBREVIVÊNCIA (%) DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> PLANTADOS NOS DIFERENTES LOCAIS, AOS 44 MESES DE IDADE.....	51
TABELA 7 – PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE AVALIAÇÃO.....	53
TABELA 8 – PERCENTAGEM DE ÁRVORES BIFURCADAS DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> PLANTADOS EM QUATRO LOCAIS EM SANTA CATARINA, AOS 44 MESES DE IDADE.....	55
TABELA 9 – PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIÁVEL BIFURCAÇÃO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE AVALIAÇÃO.....	57
TABELA 10 – AVALIAÇÃO DA FORMA DO FUSTE DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> NOS QUATRO LOCAIS DE PLANTIO, AOS 44 MESES DE IDADE.....	59
TABELA 11 – PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIÁVEL FORMA DO FUSTE DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE AVALIAÇÃO.....	61

TABELA 12 – CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE AS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA, AVALIADAS NO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> PLANTADO EM QUATRO LOCAIS EM SANTA CATARINA.....	63
TABELA 13 – PARÂMETROS GENÉTICOS PARA A VARIÁVEL DAP NA AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM QUATRO LOCAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	65
TABELA 14 – INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DAS MÉDIAS DAS FAMÍLIAS F11 E F24 DOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007, SEUS RESPECTIVOS P-VALORES E O DIFERENCIAL DE INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO.....	80
TABELA 15 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES AMOSTRAIS ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MÉDIO MENSAL DAS FAMÍLIAS F11 E F24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.....	82
TABELA 16 – VALORES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.....	84
TABELA 17 – INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 11 DOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007 E O DIFERENCIAL DE INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO.....	93
TABELA 18 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MENSAL DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 11 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007....	96
TABELA 19 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MENSAL DO INDIVÍDUO 1 DA FAMÍLIA 11 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.	100
TABELA 20 – INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA F24 DOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007 E O DIFERENCIAL DE INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO.....	105
TABELA 21 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MENSAL DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.	107
TABELA 22 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MENSAL DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.	110

TABELA 23 – MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS ABERTURA E COMPRIMENTO DA RACHADURA DA TÁBUA CENTRAL DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIE DE <i>E. benthamii</i> AOS 62 MESES DE IDADE, INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	129
TABELA 24 – PARÂMETROS GENÉTICOS DAS VARIÁVEIS INDICADORAS DE TENSÃO DE CRESCIMENTO REFERENTES À RACHADURA DA TÁBUA CENTRAL DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	132
TABELA 25 – MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DA VARIÁVEL FLECHA DA COSTANEIRA DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> AOS 62 MESES DE IDADE, INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	134
TABELA 26 – MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS: ENCURVAMENTO, ARQUEAMENTO E A FLECHA RESULTANTE DAS FLECHAS DE ENCURVAMENTO E ARQUEAMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> AOS 62 MESES DE IDADE, INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	137
TABELA 27 – PARÂMETROS GENÉTICOS DAS VARIÁVEIS INDICADORAS DE TENSÃO DE CRESCIMENTO REFERENTES AO ENCURVAMENTO E ARQUEAMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	141
TABELA 28 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE OS INDICADORES DE TENSÃO DE CRESCIMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	143
TABELA 29 – CORRELAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE DA COMBINAÇÃO DE LOCAIS DOIS A DOIS.....	160
TABELA 30 – ORDENAMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> RESULTANTES DA ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE LOCAIS DOIS A DOIS.....	163
TABELA 31 – CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE AS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO, RESISTÊNCIA A GEADA E INDICADOR DE TENSÃO DE CRESCIMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	165
TABELA 32 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO NOS DIFERENTES MÉTODOS SIMULADOS PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, RESISTÊNCIA A GEADA E INDICADOR DE TENSÃO DE CRESCIMENTO NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	168

TABELA 33 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CAÇADOR – SC, BASEADO NOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO SIMULADOS PARA A ZONA DE MELHORAMENTO 1.....	169
TABELA 34 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CALMON – SC, BASEADO NOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO SIMULADOS PARA A ZONA DE MELHORAMENTO 1.....	169
TABELA 35 – DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE OS MÉTODOS DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CHAPECÓ – SC.....	170
TABELA 36 – DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE OS MÉTODOS DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CAÇADOR – SC.....	171
TABELA 37 – DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE OS MÉTODOS DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CALMON – SC.....	172
TABELA 38 – SOMA DOS GANHOS GENÉTICOS DAS VARIÁVEIS DAP E FORMA DO FUSTE NOS LOCAIS QUE INTEGRAM A ZONA DE MELHORAMENTO 1.....	173
TABELA 39 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO NOS DIFERENTES MÉTODOS SIMULADOS PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM VARGEM BONITA – SC.....	174
TABELA 40 – DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE OS MÉTODOS DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM VARGEM BONITA – SC.....	175
TABELA 41 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO DOS 15 INDIVÍDUOS SUPERIORES DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i> INSTALADO EM CHAPECÓ, BASEADO NOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO SIMULADOS.....	176
TABELA 42 – ESTIMATIVAS DO DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE O TIPO DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL SE PLANTADO EM CHAPECÓ – SC.....	177

TABELA 43 – INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO DO MELHOR INDIVÍDUO DE CADA FAMÍLIA AVALIADA COM OS PONTOS DE DENDRÔMETROS NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CAÇADOR – SC... 178

LISTAGEM DE QUADROS

QUADRO 1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ALTITUDE DOS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DO TESTE DE PROGÊNIES DE <i>Eucalyptus benthamii</i>	34
QUADRO 3 – CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE TORTUOSIDADE.....	36
QUADRO 3 – CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE BIFURCAÇÃO.....	37
QUADRO 4 – DIÂMETRO (DAP) MÉDIO E ALTURA MÉDIA DAS ÁRVORES MONITORADAS PELOS DENDRÔMETROS, MÉDIAS GERAIS E DESVIOS PADRÃO DAS DUAS FAMÍLIAS (FAMÍLIA F11 E FAMÍLIA F24) DE <i>E. benthamii</i> , PLANTADOS EM CAÇADOR, SC, AVALIADOS AOS 58 MESES DE IDADE.....	72

SUMÁRIO

SEÇÃO 1 – ASPECTOS GERAIS.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 <i>Eucalyptus benthamii</i> Maiden et Cambage.....	4
2.2 PLANTAÇÕES DE EUCALIPTOS NO BRASIL.....	5
2.2.1 FLORESTAS CLONAIS DE <i>Eucalyptus sp.</i>	6
2.3 A GEADA EM PLANTIOS DE <i>EUCALYPTUS</i>	7
2.4 TENSÃO DE CRESCIMENTO.....	12
2.5 TESTE DE PROGÊNIES.....	14
2.6 PARÂMETROS GENÉTICOS.....	15
2.6.1 HERDABILIDADE.....	15
2.6.2 CORRELAÇÃO GENÉTICA.....	16
2.6.3 INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE.....	17
2.7 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE.....	18
2.8 TAMANHO EFETIVO.....	19
2.9 USO DO MODELO LINEAR MISTO GENERALIZADOS EM DETRIMENTO DA ANOVA.....	20
2.10 ANÁLISE DE EXPERIMENTOS DE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE	21
SEÇÃO 2 – CAPÍTULOS.....	23
1 AVALIAÇÃO GENÉTICA DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>Eucalyptus benthamii</i> MAIDEN ET CAMBAGE PLANTADAS EM QUATRO LOCAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	24
1.1 INTRODUÇÃO.....	24
1.2 OBJETIVO.....	32
1.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
1.3.1 MATERIAL GENÉTICO.....	33
1.3.2 LOCAL E ÉPOCA DE INSTALAÇÃO DO TESTE DE PROGÊNIES.....	33
1.3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DO TESTE DE PROGÊNIES.....	35
1.3.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	36
1.3.4.1 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO.....	37
1.3.4.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTER DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA.....	38
1.3.4.3 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE PARA CRESCIMENTO.....	41

1.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
1.4.1 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO.....	44
1.4.2 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA.....	45
1.4.3 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA.....	63
1.4.4 ESTUDO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM CARÁTER RELACIONADO AO CRESCIMENTO.....	64
1.5 CONCLUSÃO.....	67
2 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE CRESCIMENTO DE DUAS FAMÍLIAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> MAIDEN ET CABBAGE UTILIZANDO PONTOS DE DENDRÔMETRO.....	68
2.1 INTRODUÇÃO.....	68
2.2 OBJETIVO.....	70
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	71
2.3.1 MATERIAL GENÉTICO.....	71
2.3.2 ÉPOCA, LOCAL DE INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS USADOS PARA COLETA DE DADOS.....	72
2.3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	74
2.3.4 COLETA DE DADOS.....	74
2.3.5 ANÁLISE DE DADOS.....	75
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	78
2.5 CONCLUSÃO.....	115
3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS DE INDICADORES DE TENSÃO DE CRESCIMENTO EM PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>Eucalyptus benthamii</i> MAIDEN ET CABBAGE.....	116
3.1 INTRODUÇÃO.....	116
3.2 OBJETIVO.....	120
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	120
3.3.1 MATERIAL GENÉTICO.....	120
3.3.2 COLETA DE DADOS.....	120
3.3.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS.....	125
3.3.4 CORRELAÇÕES GENÉTICAS.....	125
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	127
3.4.1 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS.....	127
3.4.2 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE INDICADORES DE TENSÃO DE CRESCIMENTO.....	143

3.5 CONCLUSÃO.....	145
4 ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE <i>Eucalyptus benthamii</i> VISANDO A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA PARA PLANTIOS EM LOCAIS COM OCORRÊNCIA DE GEADAS.....	146
4.1 INTRODUÇÃO.....	146
4.2 OBJETIVO.....	149
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	150
4.3.1 MATERIAL GENÉTICO.....	150
4.3.2 DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MELHORAMENTO BASEADAS NOS ESTUDOS DE INTERAÇÃO GENÉTICA ENTRE LOCAIS, DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>E. benthamii</i>	150
4.3.3 ESTUDO DE PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>E. benthamii</i>	151
4.3.4 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, RESISTÊNCIA A GEADA E INDICADOR DE TENSÃO DE CRESCIMENTO.....	154
4.3.5 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA SEXUADA E ASSEXUADA EM PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i>	155
4.3.5.1 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA SEXUADA EM PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i>	155
4.3.5.2 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA ASSEXUADA EM PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i>	158
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	160
4.4.1 DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MELHORAMENTO BASEADAS NOS ESTUDOS DE INTERAÇÃO GENÉTICA ENTRE LOCAIS, DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>E. benthamii</i>	160
4.4.2 ESTUDO DE PRODUTIVIDADE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE <i>E. benthamii</i>	162
4.4.3 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, RESISTÊNCIA A GEADA E INDICADOR DE TENSÃO DE CRESCIMENTO.....	165
4.4.4 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA SEXUADA E ASSEXUADA EM PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i>	166
4.4.4.1 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA SEXUADA EM PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i>	166
4.4.4.2 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA ASSEXUADA EM PROGÊNIES DE <i>E. benthamii</i>	176
4.5 CONCLUSÃO.....	179
5. ANEXOS.....	181
6. REFERÊNCIAS.....	244

SEÇÃO 1
ASPECTOS GERAIS

1 INTRODUÇÃO

Não há plantações florestais mais produtivas que as plantações de eucaliptos na região tropical do Brasil. Produtividades médias de 50 m³/ha.ano são índices considerados nos planejamentos de algumas empresas florestais, que chegam a registrar produtividades superiores a 70 m³/ha.ano em condições especiais de solo e clima. Sem dúvida nenhuma, essa alta produtividade, aliada a uma demanda crescente de madeira oriunda de plantações, são os principais elementos motivadores da expansão da área plantada com eucaliptos, observada recentemente no Brasil.

Metas de alguns programas governamentais, como o Plano Nacional de Mudanças Climáticas (BRASIL, 2007) atualmente em fase de consulta pública, que prevê eliminar o desmatamento ilegal até o ano de 2015, também ampliarão ainda mais a demanda por madeira de qualidade originada de plantações.

No entanto, com raras exceções, estas altas taxas de crescimento são observadas apenas em plantações florestais localizadas em áreas livres de geadas nas regiões Sudeste, sul da Bahia e norte do Paraná. Como o aumento da área plantada com eucalipto nessas regiões, está sendo limitado, principalmente pelo alto custo da terra, os silvicultores estão expandindo seus plantios em áreas com algumas restrições climáticas como déficit hídrico, nas regiões mais tropicais, ou susceptibilidade a geadas, nas regiões subtropicais.

Apesar da evolução tecnológica da eucaliptocultura brasileira nestes últimos trinta anos, não existe, atualmente, sementes ou clones de espécies ou híbridos resistentes à geadas disponíveis em larga escala no mercado. *Eucalyptus viminalis* era a única espécie reconhecida pela sua resistência à geadas e, portanto, recomendada há muitas décadas para plantio em regiões de ocorrência de geadas severas na Região Sul do Brasil. No entanto, a espécie não despertou interesse dos produtores em função da baixa produtividade e qualidade da madeira, quando comparada com espécies tropicais, como o *E. grandis* ou o híbrido urograndis (*E. urophylla* x *E. grandis*).

Poucas outras espécies mostraram relativa potencialidade para serem plantadas nesta região. *E. dunnii*, por exemplo, mostrou tolerância à geadas leves. Apesar de existir alguns clones selecionados para resistência à geadas severas, a quantidade de mudas ofertadas no mercado ainda é muito pequena.

E. benthamii é uma espécie recentemente introduzida da Austrália, que tem despertado muito interesse dos eucaliptocultores para plantios em áreas de ocorrência de geadas severas. A espécie apresenta rápido crescimento e excelente forma de fuste e, se plantada em época adequada, não é danificada por geadas severas. Em função disto, observou-se uma grande demanda por sementes pelos produtores de mudas, elevando preço das sementes a patamares de R\$70.000,00/kg.

No entanto, de acordo com Higa e Pereira (2003) a espécie é indicada para produção de madeira com finalidade energética e celulose, mas não para produção de madeira serrada. Os autores ressaltam que, em função do pequeno número de amostras de madeira analisadas e pequena base genética da população, esses resultados devem ser considerados com ressalvas.

O presente trabalho analisa os resultados coletados do quarto ao sexto ano de idade, em um teste de progênies de polinização aberta, plantado em quatro locais distintos no Planalto do Estado de Santa Catarina. O objetivo geral foi analisar diferentes estratégias de melhoramento genético, visando a produção de material geneticamente melhorado para produtividade volumétrica, resistência à geada, forma do fuste e qualidade da madeira para serraria.

Para explorar melhor as alternativas do uso de sementes (estratégia baseada na propagação sexual) ou mudas clonadas (estratégia baseada na propagação assexual) baseadas no entendimento mais profundo do papel dos fatores ambientais (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, horas de insolação, etc.) no crescimento diametral entre e dentro de famílias de polinização aberta, foi analisado o comportamento de crescimento com o auxílio de dendrômetros de ponto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage

O gênero *Eucalyptus* envolve mais de 600 espécies e ocorre naturalmente na Austrália, Indonésia e Papua Nova Guiné, entre latitudes de 13° a 43°, altitudes que vão do nível do mar até 4.000 m, e em regiões sem problemas de déficit hídrico e outras onde o déficit hídrico chega a 300 mm Food and Agriculture Organization (FAO) (2000).

O *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage é encontrado em áreas limitadas ao oeste da cidade de Sydney, em planícies ao longo do rio Nepean e seus tributários. Embora essa espécie faça parte do mesmo grupo botânico que o *Eucalyptus viminalis*, ela apresenta características distintas, como preferências por solos férteis. Essa característica tornou-a vulnerável com a expansão da fronteira agrícola e foi considerada uma espécie em ameaça de extinção. Alguns levantamentos mostram a ocorrência de uma pequena população e de alguns indivíduos isolados ao longo do Rio Nepean entre as localidades de Wallacia e Camden e de uma população maior em Kedumba Creek (33° 49' Latitude Sul; 150° 22' Longitude Oeste) (HIGA; PEREIRA, 2003).

O clima da região onde a população sul está localizada é quente e úmido, com 4 a 10 geadas por ano, sendo a média anual de chuvas de 720 a 890 mm. Na localização da população nordeste, as temperaturas do verão são comparáveis, mas o inverno é mais frio, com 30 a 40 geadas por ano. Muitas chuvas, em torno de 2.030 mm por ano e o mês mais seco com aproximadamente 80 mm de chuva. Este eucalipto se adapta melhor em planícies de rios ou ladeiras brandas de países adjacentes. Os solos são moderadamente férteis, aluviais, com boa qualidade agrícola, frequentemente com argila numa profundidade de 0,5 a 1 m (HIGA; PEREIRA, 2003).

2.2 PLANTAÇÕES DE EUCALIPTOS NO BRASIL

Nos reflorestamentos brasileiros, espécies de eucaliptos têm sido preferencialmente utilizadas por causa de seu rápido crescimento, capacidade de adaptações às diversas regiões ecológicas e pelo potencial econômico de utilização da sua madeira. Dentre as principais espécies utilizadas, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e seus híbridos interespecíficos, principalmente com a espécie *E. urophylla* S.T. Blake, continuam sendo as mais importantes, em face de seu uso intensivo e crescentes nos segmentos industriais e, mais recentemente, para a produção de madeira serrada (PINTO JÚNIOR; GARLIPP, 2008).

Atualmente a área com florestas plantadas no Brasil é de aproximadamente seis milhões de hectares, sendo que os plantios com eucalipto representam 60%, pínus 30% e 10% são constituídos com outras espécies florestais de interesse econômico (ABRATES, 2007).

De acordo com Pinto Júnior (2004), a principal vantagem competitiva do Brasil é a sua tecnologia florestal, baseada em programas de melhoramento genético e de multiplicação clonal do eucalipto desenvolvido nos últimos trinta anos. Para González *et al.* (2002), todo esse conhecimento científico e tecnológico gerou um ganho de produtividade das plantações florestais, passando de 20 m³/ha/ano (oito árvores/m³) no início da década de 1970, para 50 m³/ha/ano (3,1 árvores/m³) em 1999. O melhoramento genético da madeira de eucalipto baseia-se principalmente nos critérios de produtividade das árvores por hectare, sendo que os parâmetros tecnológicos, como é o caso da qualidade da madeira, também deveriam ser devidamente considerados nos programas de seleção.

2.2.1 FLORESTAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* sp.

No Brasil a eucaliptocultura é intensiva e baseada principalmente em florestas clonais formadas com materiais-elite e de elevada produtividade média, chegando a garantir produtividades da ordem de 45-60 m³/ha/ano (MORA & GARCIA, 2000). Estimativas mais conservadoras indicam que o incremento médio anual está em torno de 35 m³/ha/ano, podendo variar de 30 a 60 m³/ha/ano, dependendo da região, do material genético e dos tratos culturais (ALFENAS *et al.*, 2004).

Desde o início dos trabalhos de clonagem de espécies de *Eucalyptus*, desenvolvidos por Franclet em 1956 no Marrocos, até hoje, esta técnica tem experimentado uma evolução de inquestionável grandeza. Sua utilização comercial se concretizou a partir dos anos 70 quando o C.T.F.T. no Congo e Aracruz no Brasil desenvolveram métodos para a produção de florestas clonais. A incorporação de novos avanços tecnológicos na clonagem de *Eucalyptus* tem sido permanente e hoje o conceito de silvicultura clonal está amplamente difundido e em uso em vários países do mundo (ASSIS, 1996).

Além de representar a possibilidade de se obter maior produção de biomassa por unidade de área plantada, bem como significativas melhorias na qualidade da madeira, seja como matéria-prima industrial ou como insumo energético, uma das consequências mais atrativas do uso da clonagem em escala comercial é a homogeneização da madeira para fins industriais. A produção de matéria prima florestal pouco variável e que tenha sido selecionada levando-se em conta suas aptidões específicas, para atender as exigências da indústria a que destina, tende a promover ganhos significativos tanto em processo quanto em produtos (ASSIS, 1996).

2.3 A GEADA EM PLANTIOS DE *EUCALYPTUS*

A escolha da espécie adequada ao reflorestamento é um dos principais fatores para o sucesso do mesmo. Entre os vários fatores que influem na tomada de decisão sobre a espécie a ser plantada, destacam-se: finalidade do plantio; clima e solo do local do plantio; conhecimentos silviculturais sobre a espécie selecionada; produtividade e rentabilidade do plantio; e disponibilidade de sementes melhoradas geneticamente ou mudas clonadas de genótipos selecionados. O processo de seleção de espécies para reflorestamento envolve uma série de etapas. O desenvolvimento de todas as etapas demanda muito tempo que, muitas vezes, o silvicultor não dispõe. Assim muitas decisões são baseadas em analogias climáticas e de solos entre as futuras áreas de plantio e a região de origem ou de alguns plantios experimentais existentes (HIGA; HIGA, 2000).

A geada é o fator climático mais importante a ser observado na Região Sul do Brasil. Assim, é importante conhecer o histórico climático da área de plantio para se verificar a frequência e intensidade da ocorrência de geadas. No Brasil, estima-se que 751 mil km² ou 8,8% da área total do país esteja sujeita a ocorrência de geadas (TOSI; VÉLEZ-RODRIGUES, 1983). Embora este fenômeno esteja restrito a poucas regiões, algumas geadas, como a ocorrida em junho de 1994, na região sul, que chegou a ocasionar perdas consideráveis, afetando aproximadamente 30 mil hectares de plantações de eucaliptos, representando um prejuízo financeiro da ordem de R\$ 4,5 milhões (HIGA, *et al.* 1997).

Esses resultados eram de certa forma esperados, pois segundo Higa, *et al.* (1997) diferenças de resistência à geadas entre as espécies e procedências de eucaliptos são abundantemente relatados na literatura. Higa, *et al.* (1997), por exemplo, avaliaram o comportamento de vinte espécies do gênero *Eucalyptus* no sul do Brasil e confirmaram o potencial do *E. dunnii* e *E. viminalis* para plantios em áreas de ocorrência de geadas.

A Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA, 1988), por exemplo, dividiu as áreas do Estado de Santa Catarina em quatro áreas: Planalto Catarinense; Alto do Vale do Rio Itajaí; Litoral e Bacia do Rio Uruguai. Dentre outros

fatores, essa divisão foi baseada na vegetação predominante, temperatura, precipitação e déficit hídrico. O Estado de Santa Catarina foi também dividido em oito áreas (Figura 1) em função do número de dias de geadas por ano (EPAGRI, [19_]).

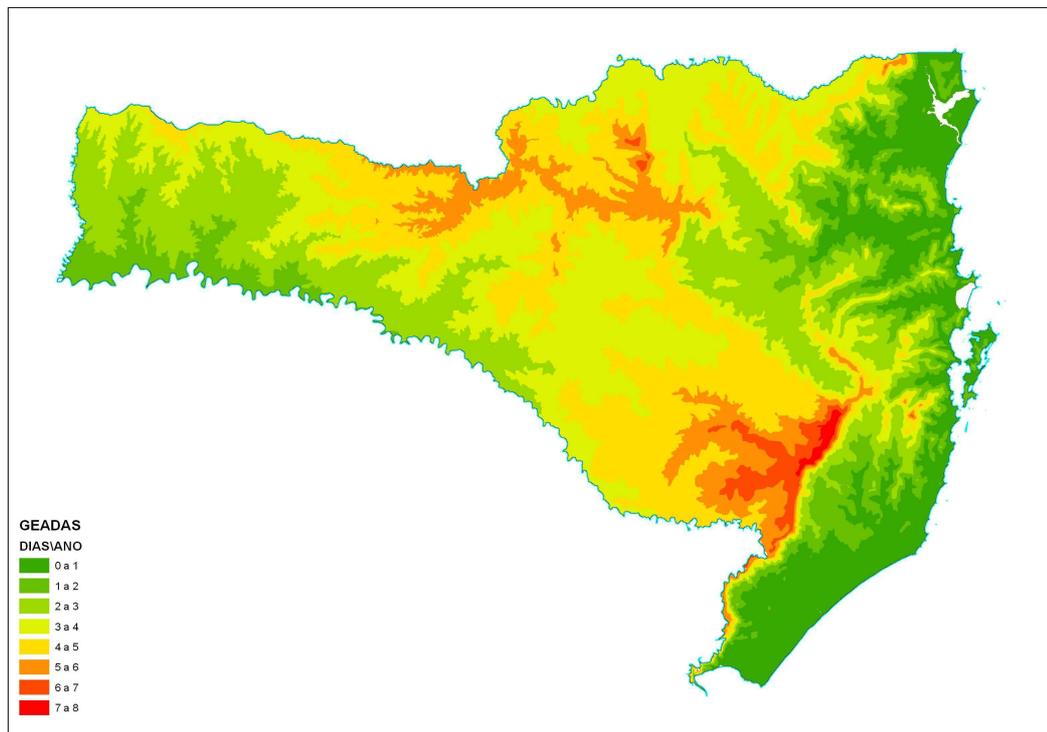


FIGURA 1 – MAPA DE OCORRÊNCIA DE GEADAS NO ESTADO DO SANTA CANTARINA

Fonte: EPAGRI ([19_])

Higa, *et al.* (1997) salienta, ainda, que apesar de muitas espécies do gênero *Eucalyptus* vegetarem naturalmente em regiões de geadas severas, um número reduzido de espécies deste gênero *Eucalyptus* é indicado para plantios em regiões susceptíveis às geadas severas no Brasil. Esse comportamento deve-se ao fato da temperatura nas áreas de ocorrência natural das espécies diminuir gradativamente no inverno, em contraste do observado em áreas de altitude das Regiões Sul e Sudeste do Brasil, onde as temperaturas caem abruptamente e as plantas não têm tempo para se aclimatarem e adquirirem resistência às geadas.

Larcher e Bauer (1981) revisaram vários trabalhos publicados e concluíram que a capacidade específica de aclimação para resistência à geada é determinada geneticamente. Assim, diferenças genéticas entre procedências, famílias e indivíduos com relação à resistência a geada podem ser exploradas nos programas de melhoramento genético.

Os programas de melhoramento genético são comumente baseados em ciclos repetidos de seleção e recombinação entre indivíduos selecionados. As estratégias de melhoramento estabelecem como estes ciclos serão desenvolvidos para produzir material genético melhorado a serem utilizados nos plantios comerciais. Assim, a estrutura básica de uma estratégia de melhoramento é composta pelas seguintes etapas: população base, métodos de seleção de árvores geneticamente superiores, população selecionada, métodos de cruzamentos ou recombinação destas árvores para regenerar populações base de gerações avançadas, e dos métodos de produção de sementes melhoradas ou clonagem em larga escala de genótipos selecionados para uso em plantios comerciais.

Todas essas etapas citadas anteriormente são importantes, mas a escolha da população base tem importância fundamental tanto para obtenção dos resultados iniciais como para a sobrevivência do programa a longo-prazo. A população base deve ser constituída de muitos indivíduos de uma ou várias procedências selecionadas e ter uma base genética ampla para propiciar a obtenção de ganhos de forma contínua. De acordo com Matheson (1990), um bom programa deve permitir a manutenção da variabilidade a longo-prazo, tão grande quanto possível, sacrificando o mínimo os resultados de curto-prazo.

Testes de progênies de polinização aberta, estabelecidos em locais representativos das áreas potenciais para plantios, têm sido muito usados nessa primeira etapa da estratégia de melhoramento genético, pois além de servirem como populações bases onde são realizadas seleções genéticas com bastante eficiência para estabelecimento da população selecionada e pomares clonais, são instrumentos importantes para determinar os parâmetros genéticos populacionais dos caracteres considerados na seleção (ZOBEL & TALBERT, 1988).

Higa e Carvalho (1990) relataram que o *E. benthamii* apresentou sobrevivência de 70%, altura média de 16 m e DAP – Diâmetro a Altura do Peito

médio de 15 cm aos 45 meses de idade em Dois Vizinhos - PR, e concluíram que a espécie merece atenção especial dos melhoristas.

Em Colombo - PR, *E. benthamii* apresentou aos 8 anos de idade, altura média de 18 m e DAP médio de 21 cm (SHIMIZU, citado por HIGA e PEREIRA, 2003). A espécie tem mostrado elevada resistência a geadas, rápido crescimento, boa forma de fuste e alta homogeneidade do talhão (GRAÇA *et al.*, 1999). Segundo os mesmos autores, essas características tornam a espécie promissora como opção para reflorestamento, em regiões onde ocorrem geadas freqüentes e severas como no sul do Brasil. Há também a possibilidade da espécie ser utilizada para fins industriais, sendo necessários maiores estudos sobre suas características anatômicas e tecnológicas (NISGOSKI *et al.*, 1998).

E. benthamii tem mostrado bom crescimento e resistência a geadas em plantios experimentais com dois e três anos de idade no estado de Santa Catarina. A espécie também é apontada como promissora em áreas montanhosas do estado de Minas Gerais (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 1988).

A espécie também demonstrou superioridade ao *E. dunnii* com relação a tolerância às geadas e crescimento em plantios localizados nos municípios de Colombo e Guarapuava, no estado do Paraná (PALUDZYSZYN *et al.*, 2006). Resultados semelhantes foram também relatados para as províncias de Huan e Fujian, China (ARNOLD *et al.*, 2004).

A Figura 2 mostra uma planta de *E. dunnii* e outra de *E. benthamii* após a ocorrência de geada na região de Lages – SC.



FIGURA 2 – DANOS CAUSADOS POR GEADAS EM *E. dunnii* (À DIREITA) EM RELAÇÃO AO *E. benthamii* (À ESQUERDA) NA REGIÃO DE LAGES - SC.

FONTE: Santos (2007)

Segundo informações publicadas pela Food and Agriculture Organization (FAO) (1981), o *E. benthamii* é indicado para plantios em regiões com temperaturas mínimas absolutas de até -10°C , sob condições de aclimação prévia por gradual abaixamento de temperatura na estação fria. Sob temperatura abaixo desse limite, podem ocorrer atrasos no desenvolvimento em alturas de plantas, porém são pouco expressivos (2%). Com relação a geadas, *E. benthamii* suporta até 25 geadas anuais, contra oito geadas de *E. saligna*.

Na província de Jujuy, norte da Argentina, a espécie apresentou uma taxa de sobrevivência de 85% e produtividade de 34 m^3 por ha/ano aos sete anos de idade (MENDOZA, 1983). Na África do Sul a espécie é considerada potencial para plantios em regiões de ocorrência de geadas e foi incluída no programa de melhoramento do ICFR (Instituto for Commercial Forestry Research) a partir de 1994 (SWAIN, 1997). Na China a espécie também tem mostrado bons resultados na província de Yunnan, embora tenha sido afetada pelo déficit hídrico (YONQI *et al.*, 1994).

Assim, o uso de material genético adequado é fundamental, devendo priorizar espécies e procedências, que, entre outras características desejáveis, sejam tolerantes ao frio e apresentem boa capacidade de rebrota, o que possibilita a

regeneração dos talhões em uma eventual ocorrência de geadas mais severas (AFENAS *et al.*, 2004).

Como a intensidade das geadas variam de acordo com a topografia e a exposição do terreno, algumas empresas florestais estão plantando diferentes espécies em uma mesma fazenda. Espécies mais resistentes às geadas são plantadas nas baixadas e em terrenos expostos aos ventos sul, onde as geadas podem ser mais severas.

2.4 TENSÃO DE CRESCIMENTO

As árvores desenvolvem a tensão de crescimento durante a maturação do tecido. Esse é um fenômeno comum em árvore e geralmente apresentam intensidade inferior em gimnosperma. Nas angiospermas a componente longitudinal de tensão de crescimento é gerada dentro das células do câmbio na formação do xilema. O gênero *Eucalyptus* é um exemplo notável de madeira comercial que apresenta essa característica. Os altos níveis de tensão de crescimento provocam três principais defeitos: cerne quebradiço, fendas ou rachaduras de extremidade de tora e empenamentos das peças serradas Nicholson (1973).

Nicholson (1973) verificando que as ações periféricas dentro das árvores eram maiores que entre árvores concluiu que a tensão de crescimento tem a função de estabilidade em árvores inclinadas ou em copas assimétricas. Jacobs (1938) cita a mesma função de estabilidade para as tensões de crescimento. Posteriormente Nicholson *et al.* (1975) afirmaram que as tensões de crescimento possibilitam que a árvore alcance o ótimo posicionamento de sua copa em relação ao ambiente.

A tensão na madeira minimiza danos causados pela compressão quando as árvores são flexionadas pelo vento, pois a madeira é muito mais resistente à tração do que a compressão (Boyd, 1950).

A primeira tentativa de se explicar a tensão de crescimento foi realizada por Martley (1928), quando observou que tábuas de Olmo (*Ulmus* sp) curvavam-se

durante o desdobro da tora. Atribuiu como causa, a influência do peso da árvore, que introduzia tensões de compressão durante o crescimento da árvore. Kubler (1987), verificou que as tensões longitudinais são as principais responsáveis pelos empenamentos das peças de madeira serrada.

Garcia (1995), determinou uma fórmula para relacionar a tensão de crescimento medida na árvore aos empenamentos da madeira serrada. Verificou que os empenamentos apresentados por uma peça serrada variam proporcionalmente ao quadrado do seu comprimento. Isso significa que os empenamentos podem ser significativamente reduzidos com a simples diminuição do comprimento da peça serrada. Entretanto, os efeitos da liberação das tensões internas, dificultam a produção de madeira serrada por causa dos empenamentos (Okuyama, 1997).

Segundo Ponce (1995) os empenamentos ocorrem na madeira durante o desdobro e a secagem. Durante o desdobro há uma tendência da peça que está sendo serrada se curvar de modo tal que as suas extremidades se afastam do centro da tora.

Segundo Hillis e Brown (1978), o surgimento das tensões de crescimento ocorre na fase de lignificação das células do câmbio. Ao ser depositada a lignina nas paredes transversais das células, estas se expandem provocando uma retração no sentido axial. As células vizinhas, já com uma maior rigidez, restringem a diminuição do comprimento celular, gerando tensões de tração longitudinal, as quais vão se formando sucessivamente nas camadas de células recém-formadas. Além disso, ao aumentar seu diâmetro, a árvore impõe uma alta tensão de compressão no centro do tronco, a qual se espalha por toda a seção do tronco à medida que a árvore cresce.

A tensão de crescimento é uma característica altamente herdável, mas não foram encontradas fortes relações entre os níveis de tensão e as características da árvore ou as propriedades de sua madeira (Malan, 1995).

2.5 TESTE DE PROGÊNIES

A variação genética natural, em nível de espécies, procedências e progênies, é a principal fonte de variabilidade explorada pelos melhoristas nos programas de melhoramento genético de espécies florestais. Assim, a instalação de populações bases constituídas por origens-progênies com uma grande variabilidade genética, é necessária para assegurar uma base de seleção adequada e ganhos genéticos contínuos nas gerações avançadas de melhoramento (LOPEZ, 1994).

Os testes de progênies são utilizados comumente para se estimar valores genéticos de matrizes e a classificação de matrizes pelas “performances” das suas progênies (ROUTSALAINEN; LINDGREEN, 1998).

Os testes que envolvem famílias de polinização livre são amplamente utilizados, dado o seu baixo custo e o grande número de informações recebidas, assim como a possibilidade de serem transformados em pomares de sementes por mudas (KITZMILLER, 1983).

Uma vez que os testes de progênies fornecem condições para conhecer a variação genética existente entre e dentro de progênies a partir da aplicação da genética quantitativa, em que são estimados parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais, eles se tornam também importantes para o estabelecimento de outras estratégias de conservação e produção de sementes melhoradas, via pomar de sementes. Além disso, os testes permitem inferências acerca de sistema reprodutivo a partir da razão entre a variância dentro e as variâncias entre progênies segundo CAREY, (1983); COSTA *et al.*, (1992); SCARIOT, (1999).

O estudo em nível da variação genética e da sua distribuição, entre e dentro das populações de espécies florestais, tem importância tanto para o direcionamento das estratégias de melhoramento a serem adotadas, maximizando os ganhos genéticos através dos ciclos de seleção, quanto para o manejo de populações naturais usando a conservação genética (DIAS e KAGEYAMA, 1991).

Os testes de progênies são realizados quando se deseja testar a superioridade que visualmente certo indivíduo apresenta. Pelo teste de progênies, é possível saber se certo indivíduo, superior aparentemente, o é devido à sua

constituição genética superior, ou se o é devido a uma condição ambiental favorável (ASSIS, 1996).

Os testes de progênes são, também, úteis nos estudos de herdabilidade e de outros parâmetros genéticos, cujos resultados são da maior importância no desenvolvimento dos programas de melhoramento florestal. Os valores destes parâmetros determinam que meios deverão ser utilizados para maior eficiência na obtenção do melhoramento genético das características de interesse (ASSIS, 1996).

2.6 PARÂMETROS GENÉTICOS

Os parâmetros genéticos que interessam ao melhorista e que são freqüentemente visados nos estudos envolvendo progênes se referem, segundo Robinson e Cockerham (1965) citado por Kageyama e Vencovsky (1983), às variâncias genéticas em suas componentes aditivas e não aditivas, ao coeficiente de herdabilidade tanto no sentido amplo como restrito, às interações dos efeitos genéticos e ambientais e, finalmente, às correlações genéticas entre características.

2.6.1 HERDABILIDADE

A herdabilidade de um caráter métrico é uma das mais importantes de suas propriedades. Ela expressa a proporção da variância total que é atribuída ao efeito médio dos genes, e este é que determina o grau de semelhança entre parentes. Mas a mais importante função da herdabilidade no estudo genético do caráter métrico, ainda não foi mencionada, ou seja, seu papel preditivo expressando a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético. Somente o valor fenotípico do indivíduo pode ser diretamente medido, mas é o valor genético que determina sua influência na próxima geração. Portanto, se o criador ou o experimentador escolhe os indivíduos para serem pais, de acordo com os seus valores fenotípicos, seu sucesso na alteração das características da população pode ser predito somente por

intermédio do conhecimento do grau de correspondência entre valor fenotípico e valor genético. Este grau de correspondência é medido pela herdabilidade (FALCONER, 1987).

É importante compreender que a herdabilidade é uma propriedade não somente de um caráter, mas também da população e das circunstâncias de ambiente às quais os indivíduos estão sujeitos. Uma vez que o valor da herdabilidade depende da magnitude de todos os componentes de variância, uma alteração em qualquer um deles afetará o valor da herdabilidade. Todos os componentes genéticos são influenciados pelas frequências gênicas e podem, portanto, diferir de uma população para outra, de acordo com o passado da população. De modo especial, pequenas populações, mantidas por tempo suficiente para ocorrer uma quantidade apreciável de fixação, são esperadas apresentar herdabilidade inferior do que grandes populações. A variância de ambiente está na dependência das condições de criação ou manejo. Maiores variações nas condições reduzem a herdabilidade, e maiores uniformidades das condições aumentam a herdabilidade. Assim, todas as vezes que um valor é mencionado para a herdabilidade de um dado caráter, ele deve estar se referindo a uma população particular (FALCONER, 1987).

2.6.2 CORRELAÇÃO GENÉTICA

Define-se correlação genética entre caracteres como sendo a medida da magnitude da associação genética entre caracteres de um indivíduo. A correlação fenotípica entre caracteres como sendo a medida da magnitude da associação fenotípica entre caracteres de um indivíduo, sendo causada pela combinação entre as covariâncias genéticas e ambientais. A covariância genética é devida aos efeitos pleiotrópicos, em que alguns genes apresentam um efeito sobre um ou mais caracteres (FALCONER; MACKAY, 1996).

Em estudos genéticos, é necessário distinguir duas causas de correlação entre características: a genética e a de ambiente. A causa de correlação genética é, principalmente, pleiotropismo, embora ligações gênicas sejam uma causa de correlação transitória, especialmente, em populações originadas de cruzamentos entre linhagens divergentes. Pleiotropismo é, simplesmente, a propriedade pela qual um gene afeta duas ou mais características, de modo que se o gene estiver segregando, causará variação simultânea nas características que ele afeta. Alguns genes podem aumentar ambas as características, enquanto outros aumentam uma e reduzem a outra, sendo que os primeiros tendem a causar uma correlação positiva e os últimos uma correlação negativa. Assim, o pleiotropismo não causa, necessariamente, uma correlação que se possa detectar. O ambiente é uma causa de correlação, pela qual duas características são influenciadas pelas mesmas diferenças de condições de ambientes (FALCONER, 1987).

2.6.3 INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE

A resposta diferenciada dos genótipos aos vários ambientes, conhecida como interação genótipo x ambiente – GA (EBERHART; RUSSEL, 1966), é um fenômeno natural que faz parte da evolução das espécies. Segundo Vencovsky e Barriga (1992), a interação GA é de natureza genética, mas não no sentido visual, e sim da decorrência de instabilidades das manifestações genotípicas entre ambientes. O comportamento dos genótipos em relação ao ambiente tem merecido especial atenção, devido a sua interferência nos processos de seleção. Por esta razão, torna-se importante o conhecimento dessas interações, principalmente a sua aplicação nos estudos de estabilidade fenotípica das espécies.

A possibilidade de avaliar um teste de progênie instalado em vários locais reduz o efeito da interação genótipo x ambiente no resultado da seleção, o que permite a utilização mais ampla do material selecionado (BUENO *et al*, 2001).

A interação genótipo x ambiente afeta a estratégia dos programas de melhoramento florestal, produzindo perdas que podem consistir na morte das

árvores e/ou na redução do crescimento, além de induzir sérios efeitos na qualidade da madeira (ZOBEL; TALBERT, 1984).

Os programas de melhoramento comentam Namkoong *et al.* (1980), para uma melhor afinidade, devem melhor utilizar os efeitos oriundos da interação do genótipo x ambiente.

A interação GA é de extrema importância nos programas de melhoramento, pois torna possível a seleção de genótipos com adaptação ampla ou específica, a escolha de locais de seleção e a determinação do número ideal de ambientes e de genótipos a serem avaliados (zonas de melhoramento) durante a seleção (FOX *et al.*, 1997).

2.7 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE

Moraes (1987) fornece as seguintes definições para estabilidade e adaptabilidade: a) a estabilidade fenotípica é definida pela capacidade de os genótipos apresentarem menor sensibilidade às variações de ambientes; ou b) a estabilidade de comportamento é definida pela capacidade de os genótipos apresentarem um comportamento altamente previsível, em função do estímulo ambiental; e c) a adaptabilidade é a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente os estímulos ambientais. Em resumo, a estabilidade é medida pela constância do desempenho do genótipo, frente às variações da qualidade ambiental.

Nos programas de melhoramento de eucalipto, onde é comumente recomendado o emprego de ciclos sucessivos de seleção (HIGA *et al.*, 1991), o conhecimento dos genes que controlam os caracteres de maior importância econômica, conforme ressalta Ramalho (1993), é de suma importância. Os estudos de adaptabilidade e estabilidade genética passam a ser indispensáveis, pois permitem verificar o comportamento do material genético frente às variações ambientais, além de melhorar o desempenho dos programas de melhoramento, pela eliminação de genótipos instáveis (PINTO JÚNIOR, 2004).

A avaliação de variedades ou de famílias, com vistas à identificação e recomendação de materiais genéticos superiores, é uma das principais etapas dos programas de melhoramento. Como os testes são conduzidos em diferentes condições climáticas, edáficas e de manejo das culturas, as famílias devem apresentar a maior produtividade, adaptabilidade e estabilidade possível, diante da diversidade ambiental (PINTO JÚNIOR, 2004).

2.8 TAMANHO EFETIVO

O tamanho efetivo populacional foi conceituado por Freire-Maia (1974), “corresponde a uma população ideal de tamanho invariável, com iguais proporções de machos e fêmeas, destituída de endocruzamento com taxa apreciável, em que cada indivíduo tem a mesma probabilidade de deixar progênie de tamanho igual, de tal forma que o número de descendentes por genitor acompanha a curva de distribuição de Poisson”.

Geralmente, tamanho efetivo populacional refere-se ao tamanho genético de uma população reprodutiva e não ao número de indivíduos que a compõe. Conforme a conceituação de S. Wright, introduzida em 1931, na situação de um tamanho efetivo populacional pequeno, um reduzido número de indivíduos participa efetivamente do inter cruzamento, com vista à regeneração da nova população, conduzindo a uma ocorrência da mudança aleatória das frequências alélicas (oscilação ou deriva genética) e o aumento da endogamia na nova população (PINTO JÚNIOR, 2004).

Rawlings (1970) preconiza um tamanho efetivo populacional em torno de trinta, como o valor adequado a maioria dos sistemas genéticos. Entretanto, para capturar alelos com frequência $\geq 5\%$, uma amostragem de vinte famílias de polinização aberta, não aparentadas, com cem indivíduos por família, é o suficiente para representar uma população, de acordo com Resende e Vencovsky (1990).

2.9 USO DO MODELO LINEAR MISTO GENERALIZADO EM DETRIMENTO DA ANOVA

A análise de variância (ANOVA) e análise de regressão foram, durante muito tempo, o principal esteio da análise e modelagem estatística. Entretanto, estas técnicas têm como suposição básica a independência dos erros. O modelo REML permite relaxar esta suposição de independência permitindo maior flexibilidade na modelagem. Tal procedimento foi criado pelos pesquisadores ingleses Desmond Patterson e Robin Thompson em 1971 e hoje constitui-se no procedimento padrão para análise estatística em uma grande gama de aplicações. Em experimentos agrônômicos e florestais, o REML tem substituído com vantagens o método ANOVA, na verdade, o REML é uma generalização da ANOVA para situações mais complexas (RESENDE, 2004).

O problema central do melhoramento genético é a predição dos valores genéticos dos vários candidatos à seleção. E esta predição necessita de componentes de variância conhecidos ou estimados com precisão. O procedimento ótimo de predição de valores genéticos é o BLUP e o procedimento ótimo de predição de componentes de variância é o REML. Estes procedimentos são associados a um modelo linear misto, isto é, modelo que contém efeitos fixos além da média geral e efeitos aleatórios além do erro. Assim são modelos mistos: a) modelos com efeitos aleatórios de tratamento e efeitos fixos de ambiente; b) modelos com efeitos fixos de tratamentos e efeitos aleatórios de ambiente (RESENDE, 2004).

As vantagens do uso do modelo misto (REML) em relação ao uso de modelos completamente fixos (ANOVA) são: a) produzem estimativas ou predições mais acuradas de efeitos de tratamentos quando existem dados perdidos nos experimentos; b) as predições dos efeitos aleatórios são forçadas (shrinkage) em direção à média geral, penalizando estimativas baseadas em pequenas amostras; c) permitem o ajuste de diferentes variâncias para cada grupo de tratamentos, ou seja, permite considerar variâncias heterogêneas; d) resolve o problema de estimação quando se tem dados perdidos; e) modelagem da estrutura de correlação em

experimentos com dependência espacial, medidas repetidas e em múltiplos experimentos conduz a estimativa mais precisas (o modelo de efeito fixo assume que todas as observações são não correlacionadas); f) os resultados são mais apropriados para a inferência requerida quando a estrutura dos dados é hierárquica ou multi-níveis. Como única desvantagem relata-se o maior número de suposições distribucionais que são feitas (RESENDE, 2004).

As principais vantagens práticas do REML/BLUP são: permite comparar indivíduos ou variedades através do tempo (gerações, anos) e espaço (locais, blocos); permite a simultânea correção para os efeitos ambientais, estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos; permite lidar com estruturas complexas de dados (medidas repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos); pode ser aplicado a dados desbalanceados e a delineamentos não ortogonais. No caso de dados desbalanceados, a ANOVA conduz a imprecisas estimativas de componentes de variância e conseqüentemente a inaccuradas predições de valores genéticos (RESENDE, 2004).

2.10 ANÁLISE DE EXPERIMENTOS DE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE

Os experimentos repetidos em vários ambientes são comuns na experimentação agrícola. As análises destes tipos de experimentos objetivam a realização de inferências: a) para ambientes individuais; b) para o ambiente médio; c) para ambientes novos não incluídos na rede experimental. Os procedimentos de análise evoluíram da tradicional ANOVA conjunta de experimentos, passando pelos métodos de estudo da estabilidade e adaptabilidade fenotípica baseados em análise de regressão, pelos métodos não paramétricos para estabilidade e adaptabilidade e pelos modelos multiplicativos (AMM) para os efeitos da interação. Tais procedimentos apresentam limitações para lidar com dados desbalanceados, delineamentos experimentais não ortogonais (blocos incompletos) e com a heterogeneidade de variância entre os vários locais de experimentação, situações estas corriqueiras na experimentação de campo. Além do mais, tais metodologias

assumem, em geral, que os efeitos de tratamentos genéticos são fixos, o que é desvantajoso e incoerente com a prática simultânea da estimação de componentes de variância e parâmetros genéticos (tais quais a herdabilidade) realizada com base nestes experimentos (RESENDE, 2004).

Outro aspecto refere-se à escolha do procedimento a ser aplicado, dentre os vários disponíveis. Alguns procedimentos conduzem a resultados similares, outros possuem propriedades estatísticas superiores e alguns permitem interpretações mais simples dos resultados. Assim a escolha a priori do método a aplicar é difícil (RESENDE, 2004).

Embora adequada para lidar com desbalanceamento e heterogeneidade de variância, a metodologia de modelos mistos é mais adequada aos propósitos do melhoramento quando considera os efeitos de genótipos como aleatórios, visando a obtenção dos BLUPs dos referidos efeitos (RESENDE, 2004).

SEÇÃO 2

CAPÍTULOS

1 AVALIAÇÃO GENÉTICA DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET CAMBAGE PLANTADAS EM QUATRO LOCAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

1.1 INTRODUÇÃO

Em alguns locais na Região Sul do Brasil, como o Planalto Catarinense, SC, o plantio da maioria das espécies do gênero *Eucalyptus* encontra restrição em função da ocorrência de geadas severas. Resultados de alguns testes e plantios pilotos com *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage nessa região indicam que a ocorrência de geadas não afeta o desenvolvimento das plantas, como também não reduz a taxa de sobrevivência nos plantios com a espécie (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 1988), desde que o plantio seja realizado na época adequada, que segundo Santos (2008) é do início da primavera, quando não há mais risco de ocorrerem geadas, até o fim do mês de novembro.

Além da resistência à geadas, o *E. benthamii* também apresenta rápido crescimento e excelente forma de fuste, o que tem levado a uma grande demanda por sementes pelos produtores de mudas. A produção de sementes geneticamente melhoradas, por sua vez, depende do desenvolvimento de programas de melhoramento genético baseados na escolha de uma população base, onde serão selecionadas as matrizes que formarão as áreas produtoras de sementes e onde serão selecionadas as árvores que formarão a população selecionada, também chamada população de melhoramento.

A população base tem importância fundamental para a longevidade do programa de melhoramento. Ela deve ter uma base genética ampla para propiciar a obtenção de ganhos de forma contínua em longo prazo, mas, também, a obtenção de altos ganhos genéticos a curto prazo nas sementes que serão disponibilizados para plantios imediatos.

Normalmente o melhorista vive o dilema de obter altos ganhos a curto prazo, reduzindo a base genética, e ao mesmo tempo tendo que manter a variabilidade para promover ganhos continuamente em gerações avançadas (ASSIS, 1996). De

acordo com Matheson (1990), um bom programa deve permitir a manutenção da variabilidade em longo prazo, tão grande quanto possível, sacrificando ao mínimo os resultados de curto prazo.

O ganho genético em longo prazo depende, fundamentalmente, da variabilidade genética potencial, ou seja, que é mantida por meio dos ciclos seletivos e é liberada através da recombinação, ao final de cada ciclo (ROBERTSON, 1960). A população de melhoramento, ou população selecionada, constitui o conjunto de plantas selecionadas, incluindo progênies e clones, que o melhorista manipula para promover o melhoramento genético (ASSIS, 1996; RESENDE, 2005).

O caminhar seguro (sem risco de perdas de alelos favoráveis) para a obtenção do teto seletivo das populações implica a manutenção de um tamanho efetivo populacional (N_e) compatível. Dessa forma, os ganhos genéticos na população de melhoramento devem ser maximizados para uma condição de restrição no tamanho efetivo populacional.

É importante relatar que o N_e necessário para a obtenção do teto seletivo, de maneira geral, não é de grande magnitude, situando-se na faixa de 30 a 60, conforme alguns estudos realizados (RAWLINGS, 1970; KANG, 1979; PEREIRA; VENCOSKY, 1988). O importante é, por ocasião da seleção, considerar o N_e desejado (RESENDE; BERTOLUCCI, 1995).

Ganhos genéticos de grande magnitude a curto prazo e manutenção de ampla variabilidade genética nos programas de melhoramento podem ser conseguidos separando as áreas produtoras de sementes, como os pomares clonais, formados por poucas dezenas de clones, das populações selecionadas ou populações de melhoramento, formadas por centenas de árvores, que visam o melhoramento contínuo a longo-prazo. Resende (2005), por exemplo, recomenda que as populações de melhoramento sejam formadas por árvores selecionadas com elevada média e ampla variabilidade genética. Para isso, a seleção deve ser baseada tanto em componentes de médias quanto em componentes de variâncias.

Os métodos de recombinação utilizados para formar populações bases de gerações avançadas de melhoramento, variam desde a polinização livre até diferentes delineamentos de cruzamentos que diferem entre si pelo grau de complexidade, quantidade e qualidade das informações produzidas e pelo custo (ASSIS, 1996).

Os delineamentos de cruzamento são extremamente importantes no contexto das estratégias de melhoramento genético, pois relacionam-se com a eficiência seletiva nos testes de progênies. Segundo Bridgwater, (1992), os principais objetivos dos testes de progênies são: a) avaliação do valor genético dos genitores; b) estimação de parâmetros genéticos; c) predição de ganhos genéticos realizados; e d) geração de população-base para nova seleção. Assim, os delineamentos de cruzamento devem ser estabelecidos baseando-se nesses objetivos.

Segundo Vencovsky (1969), as estimativas de parâmetros genéticos se prestam para: a) orientação sobre o esquema mais adequado de seleção a ser adotado e b) estimação dos progressos esperados na seleção.

A herdabilidade (h^2) é um parâmetro genético fundamental para os melhoristas, pois corresponde à proporção da variância genética em relação à variância fenotípica (h^2 no sentido amplo) ou à proporção da variância aditiva em relação à variância fenotípica (h^2 no sentido restrito). Dessa forma, ela mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo. Estimativas da herdabilidade no sentido restrito têm sido obtidas com frequência na cultura do eucalipto, envolvendo média de famílias e também avaliação de plantas individuais (BISON, 2004).

Deve-se considerar que o parâmetro herdabilidade é uma propriedade não somente de um caráter, mas também da população e das circunstâncias de ambiente a que os indivíduos estão sujeitos. Considerando-se que o valor da herdabilidade depende da magnitude de todos os componentes de variância, uma alteração em qualquer um deles afetará o seu valor (FALCONER, 1989).

Estimativas obtidas na literatura para a herdabilidade no sentido restrito, relacionadas a alguns caracteres de crescimento, em *E. grandis* e *E. urophylla*, foram apresentadas por Resende (2001) e estão disponíveis nas Tabelas 1.

TABELA 1 – ESTIMATIVAS DA HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO NA AVALIAÇÃO DE PLANTAS INDIVIDUAIS PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E DENSIDADE DA MADEIRA EM *E. grandis* E *E. urophylla*.

ESPÉCIE	Diâmetro (cm)	Nº de famílias	Nº de estimativas	Idade (anos)	País
<i>E. grandis</i>	0,08	51	1	1	África do Sul
	0,30	71	1	8	África do Sul
	0,39	529	1	5	EUA
	0,25	63 a 72	4	5	África do Sul
	-	163	21	2.5	Brasil
	0,23	282	7	3	Brasil
	0,22	25	2	3 e 5	Brasil
	0,16	39	1	3	Brasil
	0,16	33	1	3	Brasil
	0,18	64	1	3	Brasil
	0,47	-	2	2	Brasil
	0,15	64	3	2	Brasil
	0,13	64	3	7	Brasil
	-	-	1	3.5	Brasil
	0,25	81	2	2.5	Brasil
0,32	180	56	5	Brasil	
0,10	101	3	2 a 4	Brasil	
Média ponderada	0,28				
<i>E. urophylla</i>	0,24	67	4	3	Brasil
	0,24	66 a 109	4	7	Brasil
	0,43	146	2	8	Brasil
	0,23	45	1	3	Brasil
	0,35	45	1	4	Brasil
	0,35	45	1	5	Brasil
	0,17	33	1	5	Brasil
	0,24	90	4	1 a 4	China
Média ponderada	0,27				

FONTE: Resende (2001)

As estimativas de herdabilidade, conforme colocam Squillace *et al.* (1967), são ajudas valiosas no planejamento de programas de melhoramento florestal que envolve seleção, auxiliando no julgamento sobre a quantidade de esforço que deve ser direcionado para cada uma das características que se está melhorando.

Ainda conforme Falconer (1964), qualquer componente de variância entre grupos de indivíduos aparentados é igual à covariância dos membros deste grupo. A variância entre médias de famílias de meios-irmãos estimada, portanto, a

covariância genotípica de meio-irmãos, a qual equivale aproximadamente a um quarto da variância aditiva.

Resende (2002) ressalta o fato de que as espécies vegetais perenes apresentam aspectos biológicos peculiares como: sobreposição de gerações, longo ciclo reprodutivo, reprodução sexuada e assexuada, expressão das características ao longo das várias idades. Ainda segundo esse autor, existem vários fatores adicionais que devem ser levados em consideração no melhoramento das espécies perenes:

- a) a utilização dos indivíduos selecionados para produção durante vários anos, fato que demanda rigor e precisão nos métodos de seleção;
- b) uso de avaliações repetidas em cada indivíduo ao longo do tempo;
- c) seleção envolvendo comparações de indivíduos de diferentes gerações, portanto, avaliados em diferentes condições ambientais, fato que requer o uso de métodos de avaliação genética mais refinados;
- d) seleção também para os efeitos não-aditivos dos alelos;
- e) relevância da unidade de seleção de indivíduo, em detrimento da unidade de seleção média de grupos de indivíduos, fato que demanda a predição dos valores genéticos (aditivos e não-aditivos) individuais para fins de seleção;
- f) redução na taxa de sobrevivência das plantas, nos experimentos ao longo das idades, fato que, associado à sobreposição de gerações, tende a gerar dados desbalanceados para uso na estimação de parâmetros genéticos e na predição dos valores genéticos individuais.

Em situações de dados desbalanceados, o procedimento ótimo de predição de variáveis aleatórias (valores genéticos) é o BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) (HENDERSON, 1984; SEARLE *et al.*, 1992), o qual assume que os componentes de variância são conhecidos. Na prática, os componentes de variância devem ser estimados com a maior precisão possível, empregando-se o procedimento padrão no contexto dos modelos lineares mistos, que é o da máxima verossimilhança restrita (REML), conforme Searle *et al.* (1992). Tal procedimento permite a seleção de indivíduos com os maiores valores genéticos, independentemente de sua procedência, sendo esta a estratégia mais plausível em termos seletivos, em detrimento da seleção de procedências (RESENDE, 1997).

A correta definição do objetivo da seleção e, conseqüentemente, da direção do melhoramento é um requisito essencial aos programas de melhoramento

genético florestal. Uma estratégia de melhoramento sofisticada e bem planejada é irrelevante se for embasada em um objetivo inadequado (RESENDE, 2005).

O objetivo da seleção ou do melhoramento pode ser definido como o caráter econômico final sobre o qual se deseja o ganho genético, podendo então ser um caráter único ou uma combinação de caracteres em um agregado. O critério de seleção representa o caráter ou o conjunto de caracteres em que a seleção se baseia, visando avaliar e ordenar os candidatos à seleção quanto ao caráter objetivo do melhoramento (RESENDE, 2005).

De acordo com Resende *et al.* (1994), pelo menos quatro situações podem ser delineadas quando o objetivo da seleção é:

- a) um único caráter e o critério de seleção é o mesmo caráter (seleção direta);
- b) um único caráter e o critério de seleção é outro caráter (seleção indireta);
- c) um único caráter e o critério de seleção é uma combinação de vários caracteres (seleção empregando caracteres auxiliares ao melhoramento); e
- d) um agregado de caracteres e o critério de seleção é baseado em uma combinação desses vários caracteres (índice de seleção) (RESENDE, 2005).

Assim, quando um caráter desejável é difícil de ser selecionado, devido à dificuldade de sua identificação, medição ou por possuir baixa herdabilidade, a utilização de um caráter correlacionado, com alta herdabilidade e facilmente mensurável, possibilita uma maior efetividade da seleção do mesmo (GOLDENBERG, 1968). O estudo das correlações entre os caracteres é importante para conhecer que tipo de mudança o melhoramento genético de um determinado caráter poderá acarretar em outros caracteres (FALCONER, 1987).

A estimação de correlações genéticas se baseia, conforme Falconer (1964), na semelhança entre indivíduos aparentados, de forma análoga à obtenção das variâncias genéticas. Dessa forma, na análise de famílias de meios-irmãos, o componente de covariância entre progênies estima um quarto de covariância aditiva, ou seja, um quarto da covariância dos valores reprodutivos dos dois caracteres.

Correlações genéticas positivas e de alta magnitude entre características evidenciam que as mesmas podem ser consideradas como uma única característica na seleção, quando o sentido de seleção for o mesmo, sem muito prejuízo para qualquer das características. Correlações não significativas indicam a independência entre elas. Correlações negativas altas podem prejudicar a seleção simultânea e, portanto, merecem cuidado especial na seleção (KAGEYAMA, 1980).

Nos estudos genéticos, é necessário distinguir duas causas de correlação entre os caracteres: a causa genética e a causa ambiental. Segundo Vencovsky (1978), a correlação devida a causas genéticas, e que mede a associação genética entre as duas características, interfere ou participa na seleção, sendo causada por efeitos pleiotrópicos dos genes ou então por falta de equilíbrio de ligação. O ambiente é uma causa de correlação nos casos em que dois caracteres estejam sendo influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais.

Em um estudo realizado por Sturion (1993), foram apresentadas estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva, em nível de plantas, entre as características de crescimento (altura, DAP, volume cilíndrico). Os resultados indicaram que essas características possuem correlações positivas e de alta magnitude. Com base nesse resultado, o autor conclui que se praticar a seleção em qualquer uma das características, espera-se uma alta resposta correlacionada na outra, o que se constitui numa vantagem, uma vez que o sentido da seleção é o mesmo. Segundo Kageyama (1980) as características de crescimento, possuem grande probabilidade de ter ocorrência de pleiotropia no controle genético.

Quando se busca selecionar material genético de alta produtividade, qualidades desejáveis da madeira para diferentes fins e à resistência a doenças, insetos e condições ambientais adversas, o desafio do melhorista é ainda maior, pois para isso terá que desenvolver uma estratégia de melhoramento genético que contemple a seleção de caracteres que em alguns casos são de difícil detecção e que muitas vezes não são correlacionados.

Dessa forma é importante determinar quais variáveis serão analisadas para que se obtenha um bom resultado na seleção genética. Quando o fator a ser avaliado é resistência do material a geada, existem diferentes metodologias para avaliação como, por exemplo, a avaliação de danos causados pela geada logo após sua ocorrência, avaliando esses danos de acordo com a severidade, atribuindo notas, conforme sugerido por Franklin e Meiskimen (1983), adaptado por Higa (1998).

É importante ressaltar que, os danos causados pela geada permanecem claramente visíveis, quer seja por tortuosidade, que pode variar de leve a acentuada, ou pela presença de ramos grossos. Embora a planta retome o crescimento, esse tipo de dano provoca lesões que comprometem a qualidade da madeira e favorecem a entrada de pragas e/ ou doenças (HIGA *et al.*, 2000). Em alguns casos os danos

causados por geadas podem acarretar perdas no crescimento em altura. Normalmente, o crescimento é retomado abaixo da altura onde ocorreu o dano, muitas vezes, com o desenvolvimento de mais de uma gema epicórmica, deixando uma marca característica (HIGA *et al.*, 2000).

Outra característica muito importante é a brotação, que após a ocorrência da geada foi possível ser observada em uma avaliação feita por Higa *et al.* (2000), após 26 meses de idade em um ensaio com *E. dunnii*, quando o dano foi provocado ainda no primeiro inverno (aproximadamente oito meses de idade). Segundo esses mesmos autores, a brotação é consequência da morte da gema apical e pode provocar deformações no fuste ou bifurcação.

Na maioria das situações práticas, os sintomas visuais (expressão fenotípica) são resultantes de um somatório de efeitos genéticos, efeitos ambientais e de interação genótipo x ambiente. Tais sintomas seriam decorrência de efeitos puramente genéticos se a herdabilidade do caráter fosse igual a 1 e decorrência de efeitos puramente ambientais se a herdabilidade do caráter fosse 0. Como em geral, as herdabilidades estimadas situam-se entre 0 e 1, pode-se inferir que existem diferentes respostas dos genótipos aos fatores ambientais (RESENDE, 2001).

Segundo Namkoog *et al.* (1966), os efeitos de interação de genótipos x ambientes nem sempre são considerados na maioria dos trabalhos, sendo normalmente incluídos no componente genético. O componente devido a interações de genótipos x ambientes tem, particularmente, alta importância em espécies florestais, principalmente porque o zoneamento ecológico para as espécies/procedências envolve regiões muito extensas, englobando ambientes bastante diversos, já que as plantações têm caminhado a cada ano para novas áreas.

A instalação de redes experimentais permite a avaliação da interação genótipo x ambiente e, conseqüentemente, a definição de “zonas de melhoramento”. Estas zonas são estabelecidas de forma que, dentro delas, a interação genótipo x ambiente seja desprezível e, entre elas, a interação seja problemática para o melhorista. Assim, cada zona de melhoramento demandará um programa de melhoramento específico, e o número destas indicará o número mínimo de populações de melhoramento a serem empregadas pelo melhorista (RESENDE, 2005).

A existência de interação genótipo x ambiente influencia o ganho a ser obtido por seleção. Quando o programa de melhoramento for restrito a uma determinada condição ambiental, capitaliza-se a interação genótipo x ambiente e, conseqüentemente, a fração da variância genética utilizada na predição do ganho é aquela confundida com a variância da interação genótipo x ambiente (CRUZ, 2005).

Outro enfoque a ser considerado no estudo da interação genótipos x ambientes é a sua natureza. A interação é causada por dois fatores: o primeiro, também denominado de parte simples, é devido às magnitudes das diferenças de variabilidade entre os genótipos; o segundo, denominado de parte complexa, depende da correlação dos genótipos nos ambientes (CRUZ; CASTOLDI, 1991; LYNCH; WALSH, 1998).

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), a quantificação dos fatores que compõem a interação é importante porque informa ao melhorista sobre o grau de dificuldade no momento da seleção ou recomendação de cultivares. Quando há predomínio da parte simples, o trabalho de seleção é facilitado, pois a classificação genotípica, nos diferentes ambientes, não se altera, e a seleção pode ser feita na média dos ambientes. No entanto, quando a parte complexa é mais expressiva, torna a decisão mais difícil, uma vez que neste caso existem genótipos que são bem adaptados a ambientes específicos.

1.2 OBJETIVO

Estimar os parâmetros genéticos de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus benthamii*, plantados em quatro localidades no Planalto Catarinense, para futuras definições de estratégias de melhoramento genético.

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1 MATERIAL GENÉTICO

O experimento foi constituído de 32 progênies de *E. benthamii* de polinização aberta, originadas de sementes colhidas em Kedumba Valley, NSW – Austrália, região de ocorrência natural (33°49'23" Latitude Sul; 150°21'57" Longitude Oeste; 146m altitude).

O *Eucalyptus benthamii* é uma espécie de distribuição natural restrita. Com a forte pressão antrópica nas áreas de distribuição natural, a espécie encontra-se atualmente em ameaça de extinção. As áreas com fragmentos naturais onde se encontra essa espécie foram transformadas em Parques Nacionais, ou seja, a coleta de material genético em populações naturais da espécie é vedada por Lei.

1.3.2 LOCAL E ÉPOCA DE INSTALAÇÃO DO TESTE DE PROGÊNIES

O teste de progênies de *E. benthamii*, foi implantado em novembro de 2002, nos municípios de Caçador, Calmon, Chapecó e Vargem Bonita, localizados no estado de Santa Catarina (Quadro 1).

LOCAL	Latitude (°S)	Longitude (°O)	Altitude (m)	Tip o de solo
Caçador	26°46'	51°00'	960	LATOSSOLO Húmico bruno distrófico
Calmon	26°46'	51°00'	960	LATOSSOLO Húmico bruno distrófico
Chapecó	27°07'	52°37'	679	LATOSSOLO Húmico bruno distrófico
Vargem Bonita	26°52'	52°01'	1100	LATOSSOLO Húmico bruno distrófico

QUADRO 1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ALTITUDE DOS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DO TESTE DE PROGÊNIES DE *Eucalyptus benthamii*.

FONTE: o autor (2008)

Na Figura abaixo observa-se a localização dos locais de instalação do teste de *E. benthamii* no estado de Santa Catarina.



FIGURA 3 – LOCAIS DE INSTALAÇÃO DO TESTE DE *E. benthamii* NO ESTADO DE SANTA CATARINA

FONTE: <http://www.mapainterativo.clasc.gov.br>, Acesso em: 05/11/2007, adaptado pelo autor

O clima da região é classificado segundo Koppen como Cfa, clima temperado húmido com verão quente. Na Tabela 2 são apresentados os dados das médias

históricas de temperatura média, máxima absoluta e mínima absoluta; precipitação total; umidade relativa do ar média; número de horas de insolação média e número de dias com ocorrência de geada no ano.

TABELA 2 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURAS, UMIDADE, INSOLAÇÃO E DIAS COM OCORRÊNCIA DE GEADA DAS ÁREAS DE ESTUDO.

LOCAL	Temperaturas (°C)			Precipitação Total (mm)	Umidade Relativa média (%)	Horas de insolação média (n° horas)	N° de dias com geada no ano
	Mín. abs.	Máx. abs.	Média				
Chapecó	-4,5	37,2	19,0	2.038,0	73,0	194,3	9
Caçador	-10,4	36,2	16,5	1.652,7	77,4	173,6	26
*Calmon	-10,4	36,2	16,5	1.652,7	77,4	173,6	26
Vargem Bonita	-6,0	32,2	16,7	2.252,9	76,0	196,3	16

*devido a não disponibilidade de dados do local e à proximidade, foram utilizados dados referentes à estação meteorológica de Caçador.

FONTE: o autor (2008)

1.3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DO TESTE DE PROGÊNIES

O delineamento experimental utilizado foi o blocos ao acaso, com 5 repetições, 32 tratamentos, sendo eles as famílias ou progênies, com parcelas lineares de 7 plantas em espaçamento 3 x 2 m, com uma linha de bordadura externa.

1.3.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Foram realizadas avaliações em julho de 2006, quando as árvores estavam com 44 meses de idade, de crescimento em altura total, diâmetro a altura do peito – DAP (1,3 m), forma do fuste, bifurcação e sobrevivência.

A altura total foi medida com vertéx, em metros; a medição do diâmetro foi feita com uma suta, em centímetros. Com esses dados, foi determinado o volume das árvores com casca usando a seguinte expressão:

$$Volume_{cc} = \frac{\pi(DAP)^2 \times ff}{40.000} \times Altura$$

sendo:

Volume_{cc} = volume da árvore com casca em metro cúbico

DAP = diâmetro a altura do peito (1,30 m do solo) em centímetro

Altura = altura total da árvore em metro

ff = 0,5 (fator de forma)

Para forma do fuste foram atribuídas notas que variaram de 1 a 5, conforme o Quadro 2.

NOTA	Critério de Avaliação
1	Tortuosidade na primeira tora
2	Tortuosidade na segunda tora
3	Tortuosidade acima da segunda tora
4	Tortuosidade na ponta da árvore
5	Sem tortuosidade aparente

QUADRO 2 – CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE TORTUOSIDADE

FONTE: o autor (2008)

A ocorrência de bifurcação foi avaliada nos indivíduos sobreviventes em duas diferentes alturas. Essas alturas correspondem às alturas dos indivíduos no período do inverno no primeiro e segundo ano. Posteriormente os indivíduos foram classificados em três categorias que variaram de 0 a 2, como apresentado no Quadro 3.

CATEGORIA	Critério de Avaliação
0	Bifurcada nos dois períodos de inverno
1	Ausência de bifurcação em um período de inverno
2	Ausência de bifurcação nos dois períodos de inverno

QUADRO 3 – CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE BIFURCAÇÃO

FONTE: o autor (2008)

Foi também avaliada a taxa de sobrevivência das progênes nos diferentes locais. Nessa análise, os indivíduos mortos foram representados pelo número zero e os indivíduos sobreviventes foram representados pelo número um.

1.3.4.1 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

A análise de correlações genéticas, realizada para os caracteres de crescimento (DAP, altura total e volume com casca), foi baseada na seguinte expressão:

$$r_{a(x,y)} = \frac{COV_{a(x,y)}}{\sigma_{ax}\sigma_{ay}}$$

sendo:

$r_{a(x,y)}$: correlação genética aditiva entre os caracteres x e y;

$COV_{a(x,y)}$: covariância genética aditiva entre os caracteres x e y;

σ_{ax} : desvio padrão genético aditivo para o caráter x; e

σ_{ay} : desvio padrão genético aditivo para o caráter y.

1.3.4.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTER DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA

Para análise genética da variável que apresentou maior correlação com o volume com casca e a análise genética da sobrevivência, bifurcação e forma do fuste dos indivíduos do teste de progênie, foi utilizado o software para análise genética SELEGEN (RESENDE, 2002). O SELEGEN estima os parâmetros genéticos via REML e os valores genotípicos ou médias genotípicas ajustadas de progênies, bem como os valores genéticos aditivos e genotípicos individuais pelo procedimento BLUP, assumindo que são progênies de meios-irmãos.

Na avaliação de progênies de meios-irmãos, no delineamento em blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, uma medição por indivíduo, um só caráter e uma só população, foi utilizado o seguinte modelo linear misto:

$$y = Xb + Za + Wc + e;$$

onde:

y = vetor de dados;

b = vetor dos efeitos das repetições (assumidos como fixos) somados à média geral;

a = vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);

c = vetor dos efeitos de parcela;

e = vetor do efeito dos erros ou resíduos

X, Z, W : matrizes de incidências para os referidos efeitos.

Distribuição e estruturas de médias e variâncias

$$y/b, V \sim N(Xb, V)$$

$$a/\sigma_a^2 \sim N(0, A\sigma_a^2)$$

$$c/\sigma_c^2 \sim N(0, I\sigma_c^2)$$

$$e/\sigma_e^2 \sim N(0, I\sigma_e^2)$$

$$\text{Cov}(a, c) = 0; \quad \text{Cov}(a, e) = 0; \quad \text{Cov}(c, e) = 0$$

Ou seja:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \text{Var} \begin{bmatrix} y \\ a \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & WC & R \\ GZ' & G & 0 & 0 \\ CW' & 0 & C & 0 \\ R & 0 & 0 & R \end{bmatrix}, \quad \text{em que:}$$

$$G = A\sigma_a^2$$

$$R = I\sigma_e^2$$

$$C = I\sigma_c^2$$

$$V = ZA\hat{\sigma}_a^2 Z' + WI\hat{\sigma}_c^2 W' + I\hat{\sigma}_e^2 = ZGZ' + WCW' + R.$$

Equações de modelo misto

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}, \quad \text{em que:}$$

$$\lambda_1 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_a^2} = \frac{I - \hat{h} - \hat{c}}{\hat{h}}; \quad \lambda_2 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_c^2} = \frac{I - \hat{h} - \hat{c}}{\hat{c}}$$

$$\hat{h} = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2}: \text{herdabilidade individual no sentido restrito no bloco};$$

$$\hat{c} = \hat{\sigma}_c^2 / \left(\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2 \right): \text{correlação devida ao ambiente comum da parcela};$$

$$\hat{\sigma}_a^2: \text{variância genética aditiva};$$

$\hat{\sigma}_c^2$: variância entre parcelas;

$\hat{\sigma}_e^2$: variância ambiental;

A: matriz de correlação genética aditiva entre os indivíduos em avaliação.

Para a determinação da variância de progênie ($\hat{\sigma}_p^2$), admitiu-se que as progênies são de polinização aberta e de meios-irmãos legítimos, assim:

$$\hat{\sigma}_p^2 = \frac{1}{4} \hat{\sigma}_a^2$$

O coeficiente de variação dentro de progênies (CV_d), coeficiente de variação genética (CV_p), coeficientes de variação experimental (CV_e), coeficiente de variação relativo (CV_r) foram estimados a partir das seguintes expressões:

$$CV_d = \frac{\hat{\sigma}_d}{\bar{X}} \times 100;$$

$$CV_g = \frac{\hat{\sigma}_p}{\bar{X}} \times 100;$$

$$CV_e = \frac{\hat{\sigma}_e}{\bar{X}} \times 100;$$

$$CV_r = \frac{CV_g}{CV_e}$$

sendo:

$\hat{\sigma}_d$ = desvio padrão dentro de parcelas, que é igual a $\sqrt{\hat{\sigma}_d^2}$;

$\hat{\sigma}_p$ = desvio padrão devido a progênie, que é igual a $\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}$.

$\hat{\sigma}_e$ = desvio padrão devido a progênie, que é igual a $\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}$.

Os desvios padrões das estimativas de herdabilidades individuais $[\hat{S}(h_a)]$, foram estimados conforme indicado por Falconer (1987):

$$\hat{S}(h_a) = \sqrt{\frac{32h^2}{nbp}}, \text{ onde:}$$

nbp = número total de árvores avaliadas por característica, no experimento.

1.3.4.3 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE PARA CRESCIMENTO

Para a avaliação de progênies de meios-irmãos, no delineamento de blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, uma medição por indivíduo e um só caráter, avaliado em vários locais (experimentos) com algumas progênies ou tratamentos comuns, foi utilizado o seguinte modelo linear misto:

$y = Xb + Za + Wc + e$, em que:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & \dots & 0 \\ \vdots & X_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ 0 & 0 & \dots & X_l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_l \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & \dots & 0 \\ 0 & Z_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & Z_l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1 & \dots & 0 \\ 0 & W_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & W_l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_l \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_l \end{bmatrix}$$

Este modelo multivariado trata um mesmo caráter em diferentes locais como sendo diferentes caracteres (RESENDE, 2000).

Estruturas de médias e variâncias

$$E \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ a_1 \\ a_2 \\ c_1 \\ c_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 b_1 \\ X_2 b_2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \text{Var} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ c_1 \\ c_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a1}^2 & A\sigma_{a12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A\sigma_{a12} & A\sigma_{a2}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_{c1}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{c2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e1}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e2}^2 \end{bmatrix}$$

$$\text{Var}(y_1) = V_1 = Z_1' + W_1 I \sigma_{c1}^2 W_1' + I \sigma_{e1}^2$$

$$\text{Var}(y_2) = V_2 = Z_2 A \sigma_{a2}^2 Z_2' + W_2 I \sigma_{c2}^2 W_2' + I \sigma_{e2}^2$$

Para o caso envolvendo três experimentos tem-se:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a1}^2 & A\sigma_{a12} & A\sigma_{a13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A\sigma_{a12} & A\sigma_{a2}^2 & A\sigma_{a23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A\sigma_{a13} & A\sigma_{a23} & A\sigma_{a3}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{c1}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{c2}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{c3}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e1}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e2}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e3}^2 \end{bmatrix}$$

em que:

$\sigma_{a1}^2, \sigma_{a2}^2$ e σ_{a3}^2 : variância genética aditivas, nos locais (ou experimentos) 1, 2 e 3, respectivamente;

$\sigma_{a12}, \sigma_{a13}$ e σ_{a23} : covariâncias genéticas aditivas, envolvendo as combinações de locais 1-2, 1-3 e 2-3, respectivamente, ou variâncias genéticas aditivas livres das interações genótipos x ambientes;

$\sigma_{c1}^2, \sigma_{c2}^2$ e σ_{c3}^2 : variâncias entre parcelas, nos locais 1, 2 e 3, respectivamente;

$\sigma_{e1}^2, \sigma_{e2}^2$ e σ_{e3}^2 : variâncias residuais, nos locais 1, 2 e 3, respectivamente.

Equações de modelo misto

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z & X'R^{-1}W \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z+G^{-1} & Z'R^{-1}W \\ W'R^{-1}X & W'R^{-1}Z & W'R^{-1}W+C^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \\ W'R^{-1}y \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

$$X = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 \end{bmatrix}; \quad Z = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 & 0 \\ 0 & Z_2 & 0 \\ 0 & 0 & Z_3 \end{bmatrix}; \quad W = \begin{bmatrix} W_1 & 0 & 0 \\ 0 & W_2 & 0 \\ 0 & 0 & W_3 \end{bmatrix};$$

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}; \quad \hat{b} = \begin{bmatrix} \hat{b}_1 \\ \hat{b}_2 \\ \hat{b}_3 \end{bmatrix}; \quad \hat{a} = \begin{bmatrix} \hat{a}_1 \\ \hat{a}_2 \\ \hat{a}_3 \end{bmatrix}; \quad \hat{c} = \begin{bmatrix} \hat{c}_1 \\ \hat{c}_2 \\ \hat{c}_3 \end{bmatrix};$$

$$R^{-1} = R_0^{-1} \otimes I; \quad G^{-1} = G_0^{-1} \otimes A^{-1}; \quad C^{-1} = C_0^{-1} \otimes I;$$

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e1}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{e2}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{e3}^2 \end{bmatrix}; \quad G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a1}^2 & \sigma_{a12} & \sigma_{a13} \\ \sigma_{a12} & \sigma_{a2}^2 & \sigma_{a23} \\ \sigma_{a13} & \sigma_{a23} & \sigma_{a3}^2 \end{bmatrix}; \quad C_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{c1}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{c2}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{c3}^2 \end{bmatrix};$$

Os componentes de variâncias estão associados aos parâmetros h^2 , c^2 e ρ_a , das seguintes maneiras:

$$\sigma_a^2 = h_i^2 \sigma_{yi}^2; \quad \sigma_{ci}^2 = c_i^2 \sigma_{yi}^2; \quad \sigma_{ei}^2 = \left(1 - h_i^2 - c_i^2\right) \sigma_{yi}^2; \quad \sigma_{aij} = \rho_{aij} \sigma_{ai} \sigma_{aj}, \text{ em que:}$$

$$\rho_{aij} = \frac{\sigma_{aij}}{\sigma_{ai} \sigma_{aj}} = \text{correlação genética entre o desempenho nos locais 1 e j;}$$

$$\sigma_{yi}^2 = \text{variância fenotípica ao nível de indivíduo no local i.}$$

A análise foi realizada com o auxílio do software SELEGEN REML/BLUP (RESENDE, 2002), para a estimação da correlação genética entre locais.

1.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

1.4.1 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

Como na grande maioria dos programas de melhoramento genético, o volume foi uma das características de maior interesse para seleção, pois está diretamente relacionada com a produtividade. Assim, foram determinadas as correlações genéticas entre o volume com casca e o DAP e entre o volume com casca e a altura total, nos diferentes locais de instalação do teste (Tabela 3), para se determinar qual a característica mensurável (DAP ou altura total) que apresenta maior correlação genética com o volume com casca.

TABELA 3 – ESTIMATIVAS DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO GENÉTICA ADITIVA EM NÍVEL DE PLANTAS DAS CARACTERÍSTICAS VOLUME_{CC} X DAP E VOLUME_{CC} X ALTURA, NOS DIFERENTES LOCAIS DE INSTALAÇÃO DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii*

LOCAL	Correlação Genética	
	DAP	Altura
Caçador	0,9562	0,9225
Calmon	0,9209	0,9121
Chapécó	0,9785	0,9256
Vargem Bonita	0,9619	0,8851

FONTE: o autor (2008)

Ambas as variáveis (DAP e altura total) foram altamente correlacionadas geneticamente com o volume com casca, mas o DAP apresentou, em todos os locais, o maior coeficiente de correlação genética entre as características estudadas nos diferentes locais (Tabela 3).

Resultados de estimativas de coeficientes de correlação genética para características de crescimento, DAP, altura e volume do cilindro, foram também estudados por Sturion (1993), que encontrou resultados semelhantes a esses apresentados acima para *E. viminalis*, sendo 0,99 para os caracteres DAP e volume

do cilindro; 0,97 para os caracteres altura x volume do cilindro e 0,98 para DAP x altura. Higa (1998) estimou os coeficientes de correlação genética para as características de crescimento em diferentes idades (12, 26 e 36 meses) para *E. dunnii* e verificou altas e positivas correlações, da ordem de 0,89 para o caráter DAP e 0,90 para a altura, aos 36 meses. Esses autores concluíram que, quando se pratica a seleção em qualquer uma dessas características estudadas, espera-se uma alta resposta correlacionada na outra. Este tipo de correlação apresenta vantagens, uma vez em que o sentido da seleção é o mesmo para as duas características (STURION, 1993; HIGA, 1998).

Rocha *et al.* (2007) concluíram que o caráter DAP é o caráter mais importante para fins de seleção para produção, devido à sua facilidade de avaliação e precisão, além de apresentar alta correlação genética aditiva com altura e volume, como verificado nos trabalhos realizados por Volker *et al.* (1990); Soria *et al.* (1997); Martins *et al.* (2003); Sampaio *et al.* (2002) e Paula *et al.* (2002).

Dessa forma, as estimativas dos parâmetros genéticos das famílias testadas de *E. benthamii*, bem como as demais estimativas relacionadas ao crescimento neste trabalho, serão realizadas com o caráter DAP. Para esta escolha, foi também considerada a facilidade de medição no campo.

1.4.2 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA

Os parâmetros genéticos determinados para o DAP, das famílias do teste de progênies de *E. benthamii*, plantados nos quatro diferentes locais, estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIÁVEL DAP DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* NOS DIFERENTES LOCAIS DE AVALIAÇÃO

PARÂMETRO	LOCAL			
	Caçador	Calmon	Chapecó	Vargem Bonita
Variância genética aditiva individual	2,669	1,057	1,757	3,092
Variância entre parcelas	0,718	1,0265	0,357	1,290
Variância residual	5,212	4,495	11,421	11,837
Variância fenotípica	8,599	6,57855	13,536	16,220
Herdabilidade aditiva individual	0,310 ± 0,098	0,161 ± 0,088	0,130 ± 0,056	0,191 ± 0,094
Herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela,	0,339	0,190	0,134	0,207
Coefficiente de determinação de parcela,	0,084	0,156	0,026	0,080
Herdabilidade da média de progênies	0,656	0,426	0,585	0,539
Acurácia na seleção de progênies	0,810	0,652	0,765	0,734
Herdabilidade dentro de progênie	0,277	0,150	0,103	0,164
Coefficiente de variação genética aditiva individual	16,637	23,738	12,192	18,363
Coefficiente de variação genotípica de progênies	8,318	11,869	6,096	9,182
Coefficiente de variação experimental	13,468	30,828	13,572	19,006
Coefficiente de variação relativa	0,618	0,385	0,449	0,483
Variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie	0,229	0,152	0,182	0,357
Desvio padrão do valor genotípico predito de progênie	0,479	0,389	0,427	0,597
Média geral	9,819	4,330	10,872	9,576

FONTE: o autor (2008)

Os valores das herdabilidades médias de família, estimados para os diferentes locais de experimentação, da grandeza de 65%; 42%; 58% e 53%, foram considerados altos, de acordo com a classificação de Simeão *et al.* (2002), evidenciando grandes possibilidades de sucesso com a seleção entre famílias.

Valores para herdabilidades médias de família para o caráter DAP superiores a 0,50 foram, também, encontrados por Sturion (1993) estudando *E. viminalis*; Higa, et al. (1997) estudando *E. dunnii*; por Shenone (2000) estudando progênies de diferentes procedências australianas de *E. dunnii*. Os valores encontrados neste trabalho são, também, semelhantes ao valor médio ponderado de $h^2 = 0,53$ apresentado por Castro (1992) para o caráter diâmetro de famílias de meios-irmãos de *E. grandis* (19 estimativas), *E. urophylla* (17 estimativas) e *E. camaldulensis* (1 estimativa).

No entanto, as estimativas de herdabilidade no sentido restrito em nível de plantas foram inferiores àquelas obtidas em nível de média de família e, variaram em magnitude em função do local de experimentação. Caçador foi o local onde o valor estimado de herdabilidade individual para o caráter DAP foi maior ($h^2 = 0,31$), mas em todos os locais, os valores estimados foram classificados como moderados ($0,15 < h^2 < 0,50$) seguindo a classificação de Simeão *et al.* (2002), indicando possibilidades de ganhos moderados com seleção individual para esta característica na população de *E. benthamii* estudada. A seleção individual é usada pelos melhoristas quando o interesse é implantar pomares clonais de sementes através de clonagem das melhores árvores dos testes de progênies.

Na Tabela 4 são também apresentados os desvios-padrão das herdabilidades individuais. De acordo com Resende e Rosa-Perez (1999), desvios-padrão da ordem de até 20% do valor verdadeiro da herdabilidade são aceitáveis na predição de valores genéticos. Assim, verificou-se, com base neste critério, que este parâmetro foi estimado com muita precisão, dentro de cada local.

De maneira geral, os valores genéticos preditos não são iguais aos valores genéticos verdadeiros dos indivíduos. A proximidade entre esses dois valores pode ser avaliada com base na acurácia (VAN VLECK *et al.*, 1987), que refere-se à correlação entre os valores genéticos preditos e os valores genéticos verdadeiros. Quanto maior a acurácia na avaliação de um indivíduo, maior é a confiança na avaliação e no valor genético predito desse indivíduo. A acurácia na seleção de

progênies foi 81% em Caçador; 65% em Calmon; 76% em Chapecó e 73% em Vargem Bonita, indicando alta precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada nos caracteres.

Em um estudo de variação genética de *E. camaldulensis*, a acurácia encontrada foi alta para o DAP, altura e forma do tronco com valores variando de 85% a 89% (MORAES, *et al.*, 2007). Farias Neto *et al.* (2007) consideraram bons os valores de acurácia de 63% e 77% para as características número de folhas vivas e altura de cachos em um estudo com *Euterpe oleracia*, respectivamente.

As estimativas dos coeficientes de determinação dos efeitos de parcela foram 0,08; 0,02 e 0,08 para as localidades Caçador, Chapecó e Vargem Bonita, respectivamente. Estes valores revelam pequena variação ambiental dentro dos blocos. No entanto, a estimativa do coeficiente de determinação para o teste de Calmon foi alta (0,16) segundo a classificação de Farias Neto *et al.* (2007), indicando que o delineamento de blocos casualizados foi importante para esse local de experimentação. De acordo com a metodologia utilizada de procedimento REML/BLUP, ajustes para todas essas variações foram realizados, e os valores genéticos foram estimados livres de todos esses efeitos (RESENDE, 2002).

Comparados com valores encontrados na literatura (PAULA *et al.*, 2002; MARTINS *et al.*, 2002), o coeficiente de variação experimental foi baixo para o caráter DAP, em Caçador (13,4%), Chapecó (13,6%) e Vargem Bonita (19,0%). No entanto, o coeficiente foi considerado alto em Calmon (30,8%).

A análise dos valores médios de DAP nos diferentes locais (Tabela 7) mostra que *E. benthamii* cresceu de forma semelhante em Chapecó, Caçador e Vargem Bonita, mas apresentou menor crescimento em Calmon. Talvez essa diferença no crescimento possa ter sido causada pelo fato de que no primeiro inverno após o plantio, as plantas em Calmon foram fortemente danificadas pela ocorrência de geadas severas e, que a maioria dos indivíduos desse local rebrotou após a ocorrência das geadas.

Na Tabela 5 é apresentado o volume total com casca das famílias do teste de progênies de *E. benthamii* nos diferentes locais.

TABELA 5 – VOLUME TOTAL COM CASCA NAS PARCELAS DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* PLANTADOS EM QUATRO LOCAIS EM SANTA CATARINA AOS, 44 MESES DE IDADE

FAMÍLIA	Volume com casca (m ³)			
	Caçador	Calmon	Chapecó	Vargem Bonita
1	31,805	0,290	67,406	18,484
2	16,605	0,023	29,315	0,817
3	30,628	0,161	57,838	19,868
4	19,907	0,129	33,687	23,503
5	26,558	0,186	61,233	14,560
6	38,453	0,259	62,198	25,206
7	34,734	0,262	60,461	21,065
8	32,154	0,301	44,717	0,8798
9	29,524	0,234	50,998	19,399
10	38,462	0,385	79,508	37,699
11	44,946	0,189	52,780	21,935
12	37,980	0,593	67,776	18,998
13	32,979	0,299	58,890	16,671
14	38,200	0,095	47,237	14,706
15	38,552	0,297	67,404	25,064
16	24,259	0,045	30,654	13,298
17	25,741	0,244	48,487	19,977
18	24,273	0,602	53,349	22,533
19	36,301	0,278	64,344	12,702
20	21,830	0,302	48,439	20,737
21	33,350	0,127	50,428	0,6385
22	37,582	0,111	51,221	22,942
23	34,398	0,092	59,895	15,558
24	21,610	0,256	41,438	17,276
25	21,054	0,109	51,721	12,714
26	26,155	0,173	48,829	11,350
27	31,619	0,140	70,444	26,020
28	37,038	0,569	64,902	34,174
29	29,559	0,142	53,287	35,391
30	40,837	0,180	84,561	32,113
31	30,054	0,132	48,249	35,488
32	19,284	0,356	58,847	38,583
Média	30,826	0,236	55,329	20,251

FONTE: o autor (2008)

Observou-se uma grande variação no volume total com casca entre famílias em cada local e entre posições relativas das famílias nos diferentes locais (Tabela 5). Essas diferenças no crescimento podem estar relacionadas com a fertilidade do solo, clima e/ou com o efeito da interação genótipo x ambiente.

A família 11 foi mais produtiva em Caçador (44,946 m³), mas essa posição relativa foi ocupada pela família 18 em Calmon (0,602 m³), pela família 30 em Chapecó (84,561 m³) e pela família 32 em Vargem Bonita (38,583 m³). A magnitude das diferenças da soma do volume com casca das árvores de cada família entre os locais é maior quando comparamos a média dos volumes do que quando comparados os valores médios de DAP.

Um fator que pode estar diretamente relacionado com esses resultados de volume por área apresentados na Tabela 5, é a percentagem de sobrevivência dos indivíduos das diferentes famílias nos diferentes locais (Tabela 6). A percentagem de sobrevivência é um dos principais fatores a ser avaliado quando o objetivo do melhoramento genético é selecionar material resistente a geada.

TABELA 6 – SOBREVIVÊNCIA (%) DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* PLANTADOS NOS DIFERENTES LOCAIS, AOS 44 MESES DE IDADE

FAMÍLIA	Sobrevivência (%)			
	Caçador	Calmon	Chapecó	Vargem Bonita
1	97,1	62,9	82,9	62,9
2	82,9	28,6	65,7	31,4
3	85,7	48,6	77,1	48,6
4	88,6	54,3	80,0	57,1
5	88,6	62,9	94,3	51,4
6	94,3	65,7	74,3	71,4
7	91,4	88,6	88,6	71,4
8	88,6	68,6	71,4	54,3
9	85,7	65,7	85,7	65,7
10	88,6	62,9	91,4	74,3
11	100,0	57,1	77,1	68,6
12	94,3	88,6	94,3	62,9
13	94,3	71,4	74,3	62,9
14	100,0	40,0	88,6	48,6
15	88,6	60,0	80,0	68,6
16	85,7	48,6	65,7	65,7
17	94,3	77,1	80,0	54,3
18	94,3	77,1	82,9	68,6
19	91,4	68,6	88,6	54,3
20	85,7	57,1	85,7	60,0
21	88,6	62,9	68,6	42,9
22	94,3	77,1	74,3	62,9
23	97,1	45,7	77,1	40,0
24	100,0	48,6	80,0	48,6
25	94,3	62,9	88,6	65,7
26	91,4	54,3	77,1	34,3
27	97,1	57,1	91,4	77,1
28	97,1	74,3	88,6	77,1
29	88,6	65,7	85,7	71,4
30	97,1	17,1	91,4	68,6
31	80,0	42,9	85,7	88,6
32	88,6	65,7	91,4	77,1
Média	91,7	60,3	82,1	61,2

FONTE: o autor (2008)

A sobrevivência media variou significativamente entre os locais (60,2% a 91,7%) e entre famílias dentro de cada local. No entanto, não é possível estabelecer qualquer relação famílias e locais. Resultados semelhantes foram relatados na literatura por vários autores para eucaliptos tropicais plantados em regiões livres de geadas (Kageyama, 1980; 1983; Kikuti, 1988; Souza *et al.*, 1993; Shenone, 2000) e

para eucaliptos subtropicais plantados em regiões de ocorrência de geadas (GOMES *et al.*, 1977; HIGA, 1997).

Parâmetros genéticos estimados para sobrevivência (Tabela 12) mostram baixa herdabilidade ($h^2 = 0,03$) em Caçador e Chapecó, dois dos quatro locais onde o teste de progênies foi plantado. Observa-se na Tabela 7 que as sobrevivências médias das progênies nesses dois locais foram altas (82,1% em Chapecó e 91,7% em Caçador), indicando que as progênies avaliadas não apresentaram baixa variabilidade genética para esse caráter. Esses resultados são semelhantes aos relatados por Farias Neto *et al.* (2007) para sobrevivência de *Euterpe oleracea*.

TABELA 7 – PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* NOS DIFERENTES LOCAIS DE AVALIAÇÃO

PARÂMETRO	LOCAL			
	Caçador	Calmon	Chapecó	Vargem Bonita
Variância genética aditiva individual	0,002	0,059	0,005	0,036
Variância entre parcelas	0,001	0,016	0,007	0,012
Variância residual	0,071	0,158	0,135	0,189
Variância fenotípica	0,074	0,234	0,147	0,237
Herdabilidade aditiva individual	0,029 ± 0,029	0,253 ± 0,085	0,034 ± 0,031	0,152 ± 0,066
Herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela,	0,029	0,271	0,036	0,159
Coeficiente de determinação de parcela,	0,012	0,069	0,046	0,049
Herdabilidade da média de progênies	0,192	0,620	0,191	0,514
Acurácia na seleção de progênies	0,438	0,788	0,437	0,717
Herdabilidade dentro de progênie	0,022	0,218	0,027	0,125
Coeficiente de variação genética aditiva individual	5,038	40,299	8,640	30,986
Coeficiente de variação genotípica de progênies	2,519	20,150	4,320	15,493
Coeficiente de variação experimental	11,562	35,243	19,881	33,702
Coeficiente de variação relativa	0,218	0,572	0,217	0,460
Variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie	0,001	0,006	0,001	0,004
Desvio padrão do valor genotípico predito de progênie	0,021	0,075	0,032	0,066
Média geral	0,919	0,603	0,821	0,612

FONTE: o autor (2008)

Em contraste, em Calmon, a herdabilidade em nível de indivíduos para sobrevivência em Calmon foi estimada em 25%, a herdabilidade em nível de média de progênies em 62% e acurácia na seleção de progênies de 79%, indicando excelentes possibilidades para a seleção para sobrevivência nessa localidade (Tabela 7).

Os coeficientes de determinação de parcelas para o caráter sobrevivência variaram entre 0,01 e 0,07 para os diferentes locais, o que significou que os experimentos foram bem instalados, pois apresentaram apenas uma pequena variação ambiental dentro do bloco.

Outra característica muito importante que pode ser verificada em grande número de plantas logo após a ocorrência de geadas é a emissão de brotos apicais (HIGA, 1998). Segundo essa autora, a brotação é consequência da morte da gema apical, e pode provocar deformações no fuste ou bifurcação. Em qualquer um dos casos, mesmo que o crescimento da árvore não seja afetado, a qualidade da madeira pode ser prejudicada pela ocorrência de madeira morta inclusa.

Nesse trabalho a resistência a geada foi avaliada não somente pela sobrevivência dos indivíduos no teste de progênies, mas também pelos danos causados pelas geadas, que permanecem visíveis nas plantas, como a bifurcação e a forma do fuste (Tabela 8 e 10).

TABELA 8 – PERCENTAGEM DE ÁRVORES BIFURCADAS DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* PLANTADOS EM QUATRO LOCAIS EM SANTA CATARINA, AOS 44 MESES DE IDADE

FAMÍLIAS	Bifurcação (%)		
	Caçador	Chapecó	Vargem Bonita
1	11,43	8,57	8,57
2	2,86	2,86	2,86
3	2,86	5,71	5,71
4	5,71	8,57	0,00
5	2,86	5,71	8,57
6	2,86	0,00	5,71
7	2,86	2,86	5,71
8	5,71	0,00	5,71
9	2,86	2,86	0,00
10	2,86	5,71	5,71
11	2,86	14,29	5,71
12	0,00	2,86	5,71
13	5,71	0,00	5,71
14	5,71	8,57	0,00
15	0,00	0,00	2,86
16	2,86	5,71	5,71
17	5,71	8,57	8,57
18	2,86	2,86	0,00
19	8,57	14,29	0,00
20	2,86	8,57	0,00
21	14,29	5,71	0,00
22	2,86	8,57	0,00
23	2,86	5,71	0,00
24	2,86	0,00	0,00
25	8,57	8,57	8,57
26	8,57	2,86	2,86
27	8,57	2,86	11,43
28	0,00	5,71	5,71
29	0,00	14,29	2,86
30	2,86	25,71	0,00
31	8,57	14,29	5,71
32	2,86	8,57	11,43
Média	4,47	6,61	4,11

FONTE: o autor (2008)

De acordo com os dados apresentados na Tabela 8, o percentual médio de árvores bifurcadas variou de 4,11% a 6,61%, valores considerados baixos, quando comparados aos valores encontrados por Higa *et al.* (1997) em um estudo do comportamento de vinte espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geada na

Região Sul do Brasil. *E. benthamii* apresentou porcentagem de plantas bifurcadas inferiores ao *E. viminalis* (7%) relatado no trabalho citado, confirmando o *E. benthamii* como espécie recomendada para áreas de ocorrência de geadas severas.

Para quantificar a herança do caráter bifurcação nessa população, foram estimados os parâmetros genéticos (Tabela 9).

TABELA 9 – PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIÁVEL BIFURCAÇÃO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* NOS DIFERENTES LOCAIS DE AVALIAÇÃO

PARÂMETRO	LOCAL		
	Caçador	Chapecó	Vargem Bonita
Variância genética aditiva individual	0,001	0,005	0,001
Variância entre parcelas	0,001	0,002	0,002
Variância residual	0,049	0,076	0,065
Variância fenotípica	0,049	0,083	0,067
Herdabilidade aditiva individual	0,003 ± 0,010	0,061 ± 0,046	0,004 ± 0,014
Herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela,	0,003	0,063	0,004
Coefficiente de determinação de parcela,	0,004	0,026	0,030
Herdabilidade da média de progênies	0,024	0,321	0,029
Acurácia na seleção de progênies	0,156	0,566	0,171
Herdabilidade dentro de progênie	0,002	0,048	0,003
Coefficiente de variação genética aditiva individual	0,616	3,733	0,855
Coefficiente de variação genotípica de progênies	0,308	1,867	0,428
Coefficiente de variação experimental	4,347	6,074	5,494
Coefficiente de variação relativa	0,071	0,0307	0,078
Variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie	0,001	0,001	0,001
Desvio padrão do valor genotípico predito de progênie	0,006	0,029	0,008
Média geral	1,950	1,917	1,933

FONTE: o autor (2008)

Na Tabela 9 são apresentados os valores de herdabilidade aditiva individual estimada da variável bifurcação para os diferentes locais de experimentação, observa-se que os valores apresentados são praticamente nulos para Caçador (0,3%) e Vargem Bonita (0,4%), indicando a impossibilidade de melhorar geneticamente esse caráter para os locais citados. Porém em Chapecó, apesar de baixo, o coeficiente de herdabilidade estimado foi de 6% em nível individual, e o coeficiente de herdabilidade para média de família foi de 31%, indicando a possibilidade de ganhos na seleção entre famílias (progênies).

Pode-se considerar que o valor de acurácia para esse caráter em Chapecó é intermediário (57%), sugerindo que qualquer que seja a estratégia de melhoramento a ser adotada, é preciso considerar o grau de confiabilidade dessa informação, para que os resultados da seleção não sejam prejudicados.

A maioria dos trabalhos encontrados na literatura avalia a bifurcação de plantas juntamente com a forma do fuste, porém no presente estudo optou-se por realizar essas avaliações de forma separada, ainda que possa existir uma relação entre essas características. Essa decisão foi baseada no fato que a tortuosidade do fuste pode ser considerada uma resposta à maior dominância apical quando comparada à bifurcação (RESENDE, comunicação pessoal).

De acordo com o critério estabelecido, a avaliação dos indivíduos foi realizada levando-se em conta que esse material genético de *E. benthamii* será selecionado com o objetivo de formar plantios florestais a serem utilizados como madeira serrada, selecionando assim, a forma do fuste de maneira separada (Tabela 10).

TABELA 10 – AVALIAÇÃO DA FORMA DO FUSTE DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* NOS QUATRO LOCAIS DE PLANTIO, AOS 44 MESES DE IDADE

FAMÍLIA	Forma do Fuste			
	Caçador	Calmon	Chapecó	Vargem Bonita
1	4,35	4,09	3,90	3,95
2	4,07	4,00	4,09	3,36
3	4,80	4,06	3,71	4,12
4	4,81	4,26	3,56	4,75
5	4,32	3,36	3,64	3,44
6	4,33	3,87	3,88	4,40
7	4,31	3,77	3,71	4,16
8	4,42	4,33	3,80	3,53
9	4,73	4,14	3,87	4,30
10	4,48	4,09	3,91	4,31
11	4,29	3,58	3,70	3,83
12	4,52	4,03	3,85	3,91
13	4,39	3,48	3,62	3,68
14	4,31	3,36	3,61	3,83
15	4,52	3,71	4,32	4,17
16	4,73	3,94	4,17	4,00
17	4,03	3,04	3,21	2,95
18	4,33	3,93	4,03	3,96
19	4,21	3,54	3,90	3,89
20	4,67	4,05	3,97	4,29
21	4,68	3,77	4,21	3,87
22	4,09	3,59	3,92	4,00
23	4,41	3,69	3,85	4,08
24	4,49	4,18	4,25	4,29
25	4,15	3,59	3,61	3,74
26	4,19	4,11	4,11	3,25
27	4,71	3,90	3,63	4,19
28	4,62	3,92	3,94	4,07
29	4,42	3,65	3,70	4,00
30	3,76	4,00	3,66	4,50
31	4,14	4,20	3,60	3,80
32	4,13	3,43	3,66	3,89
Média	4,39	3,83	3,83	3,95

FONTE: o autor (2008)

De acordo com a metodologia empregada na avaliação, a nota 5 (cinco) considera que não há tortuosidade aparente; a nota 4 considera que há tortuosidade apenas na região da copa da árvore; e a nota 3 considera a existência de tortuosidade apenas acima de 3 m de altura (primeira tora).

Os resultados apresentados na Tabela 10 indicam que, na média, todas as famílias não sofreram danos aparentes de geada que tenha comprometido o uso da madeira para a finalidade em questão. Os resultados revelam também que *E. benthamii* apresenta forma do fuste das árvores, de forma geral, superior à forma de fuste do *E. camaldulensis* avaliado por Moraes *et al.* (2007). Estes autores utilizaram notas variando de 1 a 5 para avaliar progênies de *E. camaldulensis*, quando a nota 1 foi atribuída à árvores de fuste tortuoso e bifurcado e a nota 5 para fuste reto sem bifurcação, doenças e danos.

Parâmetros genéticos para forma do fuste foram estimados para avaliar a eficiência da seleção genética (Tabela 11).

TABELA 11 – PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIÁVEL FORMA DO FUSTE DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* NOS DIFERENTES LOCAIS DE AVALIAÇÃO

PARÂMETRO	LOCAL			
	Caçador	Calmon	Chapecó	Vargem Bonita
Variância genética aditiva individual	0,118	0,149	0,077	0,245
Variância entre parcelas	0,035	0,011	0,046	0,041
Variância residual	0,716	1,018	0,777	1,004
Variância fenotípica	0,869	1,178	0,899	1,290
Herdabilidade aditiva individual	0,136 ± 0,065	0,127 ± 0,078	0,085 ± 0,054	0,190 ± 0,094
Herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela,	0,142	0,128	0,090	0,196
Coefficiente de determinação de parcela,	0,041	0,009	0,051	0,032
Herdabilidade da média de progênies	0,496	0,519	0,368	0,593
Acurácia na seleção de progênies	0,705	0,721	0,606	0,770
Herdabilidade dentro de progênie	0,110	0,099	0,069	0,155
Coefficiente de variação genética aditiva individual	7,852	10,200	7,229	12,428
Coefficiente de variação genotípica de progênies	3,926	5,100	3,615	6,214
Coefficiente de variação experimental	8,841	10,968	10,602	11,523
Coefficiente de variação relativa	0,444	0,465	0,341	0,539
Variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie	0,015	0,018	0,012	0,025
Desvio padrão do valor genotípico predito de progênie	0,122	0,134	0,110	0,158
Média geral	4,383	3,786	3,829	3,983

FONTE: o autor (2008)

Os valores de coeficientes de herdabilidade estimado para a forma do fuste nos diferentes locais indicam que a população de *E. benthamii* avaliada apresenta herdabilidade individual moderada 0,14, 0,13 e 0,19 para Caçador (14%), Calmon (13%) e Vargem Bonita (19%). O coeficiente de herdabilidade individual estimado para o caráter em Chapecó foi baixo (8%). Porém os valores estimados para a herdabilidade para média de família variaram entre 37% a 59%, indicando excelentes possibilidades para seleção nessa população, tanto em nível individual para Caçador, Calmon e Vargem Bonita, como também em nível de família para todos os locais.

A acurácia do teste variou de 60% a 77%, indicando alta precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada nos caracteres.

Estes resultados são compatíveis aos encontrados Moraes *et al.* (2007), que estimaram um coeficiente de herdabilidade média de família na ordem de 80%, com a acurácia na determinação de 89% para *E. camaldulensis*, mas diferem dos resultados de Sato *et al.* (2007), que não encontraram diferenças significativas na forma do fuste para *E. resinífera*.

Os resultados do presente trabalho indicam que o caráter forma do fuste pode ser utilizado na seleção genética de indivíduos de *E. benthamii* em três dos quatro locais e seleção genética em nível de famílias para todos os locais.

De acordo com as observações anteriores, mesmo para uma espécie como o *E. benthamii*, a resistência às geadas deve ser considerada em um programa de melhoramento genético com a finalidade de produzir material genético de rápido crescimento para estabelecimento de plantios comerciais em áreas com ocorrência de geadas.

1.4.3 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA

As correlações genéticas entre as variáveis de crescimento e resistência a geada, avaliadas no teste de progênies de *E. benthamii* plantado nos quatro locais em Santa Catarina são apresentadas na Tabela 12.

TABELA 12 – CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE AS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA, AVALIADAS NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* PLANTADO EM QUATRO LOCAIS EM SANTA CATARINA.

LOCAL	Variável	Caçador			
		DAP	Sobrevivência	Bifurcação	Forma do fuste
Calmon	DAP	-	0,21	0,08	-0,04
	Sobrevivência	0,37	-	0,02	0,22
	Bifurcação	-0,12	0,01	-	0,04
	Forma do fuste	0,12	-0,12	-0,04	-
LOCAL	Variável	Chapecó			
		DAP	Sobrevivência	Bifurcação	Forma do fuste
Vargem Bonita	DAP	-	0,22	-0,04	0,03
	Sobrevivência	0,45	-	-0,17	-0,40
	Bifurcação	0,04	-0,20	-	0,33
	Forma do fuste	0,41	0,36	0,47	-

FONTE: o autor (2008)

De modo geral, as correlações genéticas entre o DAP, característica que representa o crescimento e resistência à geadas (sobrevivência, bifurcação e forma de fuste) foram baixas, exceto para a correlação entre sobrevivência e DAP em Calmon (0,37) e Vargem Bonita (0,45) e, para DAP e forma do fuste em Vargem Bonita (0,41). Apesar dessas correlações não serem consideradas altas (0,37 a 0,45), todas foram positivas. Correlações positivas indicam que o sentido da seleção é o mesmo, isto é, que a seleção para um dos caracteres poderá significar, também, uma melhoria para o outro caráter.

Estes resultados indicam que, de modo geral, as características são independentes e, que a seleção genética para crescimento, não implica em uma melhoria nas características de resistência a geada. Resultados semelhantes foram

relatados por Wilcox (1980) para *E. regnans* que também não observou correlação entre características de crescimento e de resistência a geada. De acordo com Wilcox (1980), algumas famílias são resistentes à geadas porque são capazes de se aclimatarem rapidamente e tornam-se dormentes no inverno, enquanto outras não são capazes de se aclimatarem até a entrada do inverno. Isso explicaria a correlação negativa ou inexistente entre o potencial de crescimento e a resistência a geadas, encontradas para *E. regnans*.

No entanto, os resultados encontrados no presente trabalho diferem dos resultados relatados por Higa (1998), que constatou alta correlação genética entre DAP e resistência a geada em *E. dunnii* avaliadas aos 36 meses de idade. No entanto, este autor encontrou baixas correlações entre o crescimento e a resiliência após danos de geada e, entre o crescimento e o número de brotos emitidos pelas árvores, o que foi considerado como sendo um fator limitante para obtenção de ganhos simultâneos para seleção apenas de variáveis de crescimento.

No presente estudo, a variável DAP, utilizada para avaliar o crescimento, pode ser utilizada na seleção genética, pois, a seleção para este caráter não interferirá negativamente nas características de resistência a geada avaliada em todos os locais de estudo e, poderá selecionar material genético mais resistente à geadas em Calmon e Vargem Bonita.

1.4.4 ESTUDO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM CARÁTER RELACIONADO AO CRESCIMENTO

A correlação genética das progênies de *E. benthamii* plantadas nos quatro locais do estado de Santa Catarina foi de 0,618 (Tabela 13). De acordo com o limite estabelecido por Shelbourne (1972) citado por Souza *et al.* (1993) e por Resende (2002) esse valor estimado para a interação genótipo x ambiente é alto, significando que as famílias com melhor desempenho em um local não foram, necessariamente, as de melhor desempenho nos outros locais.

Resultados semelhantes foram relatados por Duda *et al.* (1997) e Pinto Júnior (2004) que também estimaram valores de alta magnitude da interação genótipo x ambiente para progênies de meios-irmão de *E. grandis* e, Souza *et al.* (1993) para progênies de polinização aberta de *E. pilularis* plantadas em diferentes locais do estado de São Paulo, o que impossibilitou o agrupamento dos locais em uma única zona de melhoramento.

TABELA 13 – PARÂMETROS GENÉTICOS PARA A VARIÁVEL DAP NA AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM QUATRO LOCAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

PARÂMETRO	DAP
Variância genética aditiva	1,367
Variância ambiental entre parcelas	0,777
Variância da interação genótipo x ambiente	0,211
Variância residual	8,955
Variância fenotípica individual	11,310
Herdabilidade aditiva individual	0,121 ± 0,034
Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela	0,069
Coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente	0,019
Herdabilidade da média de progênies	0,677
Acurácia da seleção de progênies	0,823
Herdabilidade aditiva dentro de parcela	0,103
Correlação genética entre o desempenho das progênies nos vários ambientes	0,618
Variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênies	0,110
Desvio padrão do valor genotípico predito de progênies	0,332
Média geral	8,740

FONTE: o autor (2008)

As estimativas de coeficiente de determinação de efeitos de parcela apresentados na Tabela 18 foi baixo (0,07), revelando pequena variação ambiental dentro do bloco, o que foi verificado também em um estudo realizado por Farias Neto *et al.* (2007). O valor estimado para acurácia (0,82) revela que existe forte correlação entre os valores genéticos preditos e os valores genéticos verdadeiros, indicando bastante confiança na avaliação e no valor genético predito.

Caso sejam adotados programas de melhoramento individuais para cada um dos quatro locais, a herdabilidade aditiva individual para o caráter DAP foi estimada em 31% para Caçador, 16% para Calmon, 13% para Chapecó e 19% para Vargem Bonita (Tabela 4). No entanto, no caso da adoção de um único programa de melhoramento, incluindo o material genético dos quatro locais, o valor da herdabilidade diminuirá para 12% (Tabela 13).

Resultado semelhante foi relatado por Mori *et al.* (1986), onde a média da herdabilidade para volume cilíndrico é de 17% para programas de melhoramento individual por local e, 12% no programa conjunto envolvendo o material genético de todos os locais. Segundo estes autores a diminuição dos valores das herdabilidade é devido aos efeitos da interação genótipo x ambiente.

Considerando os resultados da correlação genética entre as progênies nos vários locais e os valores de herdabilidade estimados para a população de *E. benthamii* avaliada, duas possibilidades de estratégias de melhoramento genético podem ser estabelecidas:

- a) avaliações das interações genótipos x ambientes entre locais, dois a dois, para verificar as possibilidades de agrupar locais em uma ou mais zonas de melhoramento, conforme sugerido por Burbon (1977) ou;
- b) desenvolvimento de uma estratégia de melhoramento envolvendo seleções individuais para cada local, aproveitando os efeitos da interação do genótipo x ambiente, conforme recomenda Namkoong *et al.* (1980).

1.5 CONCLUSÃO

O DAP apresenta alta correlação genética com o volume com casca, portanto pode ser usado como a variável representativa do crescimento. O controle genético (herdabilidade) para o DAP é moderado para seleção individual e alto para seleção de família.

A variável bifurcação apesar de representar de forma indireta a resistência a geada, não deve ser considerada na seleção, pois apenas 5% dos indivíduos apresentaram bifurcação e, em função disso o controle genético foi baixo, tanto em nível individual como em nível de família.

Outras duas variáveis que representam de forma indireta a resistência a geada, a sobrevivência e a forma do fuste, apresentam controle genético alto para seleção em nível de família e moderado para seleção em nível de indivíduo.

A resistência a geada não está geneticamente correlacionada com o crescimento.

Com base nos resultados do estudo de correlação genótipo x ambiente não é possível estabelecer apenas uma zona de melhoramento envolvendo as quatro localidades.

2 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE CRESCIMENTO DE DUAS FAMÍLIAS DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET CANGAGE UTILIZANDO PONTOS DE DENDRÔMETRO

2.1 INTRODUÇÃO

O crescimento das árvores é resultante de vários processos fisiológicos que ocorrem pela interação das características genéticas da espécie com as condições ambientais (ALMEIDA *et al.*, 1997). A taxa de crescimento, que pode ser avaliada pelo aumento da área basal, varia marcadamente durante o ano (DOWNES *et al.*, 1999).

O aumento da área basal das árvores ou do povoamento, avaliado durante o ano, é comumente expressado pelo Incremento Médio Anual (IMA) ou pelo Incremento Corrente Anual (ICA). Logicamente, a mesma quantidade de crescimento pode ser atingida por uma maior taxa de crescimento em um período curto, ou por uma baixa taxa de crescimento em um período longo. Esses diferentes padrões de crescimento podem ocasionar, inclusive, diferenças na qualidade da madeira (DOWNES *et al.*, 1999).

A precipitação e o balanço hídrico são as características climáticas mais importantes para o crescimento de plantas. Ao contrário da radiação e da temperatura, que são relativamente constantes, a precipitação volumétrica é muito variável, constituindo-se no principal fator a determinar a produtividade biológica (BARROS; COMERFORD, 2002).

A distribuição das chuvas tem papel mais importante na produtividade agrícola e florestal do que o total de precipitação. Os valores médios de precipitação são informativos, mas não totalmente satisfatórios, para indicar a disponibilidade de água para as plantas, pois na região tropical é freqüente a ocorrência de períodos secos (veranicos) durante a estação chuvosa (BARROS; COMERFORD, 2002).

À semelhança do que acontece com as florestas naturais, para as quais a precipitação determina o tipo e a produtividade nos trópicos, também as florestas

plantadas têm sua produtividade determinada pela precipitação. A expectativa da produtividade de eucalipto aumenta à medida que a distribuição da precipitação vai ficando mais uniforme (BARROS; COMERFORD, 2002).

A água, além de ser um recurso fisiológico fundamental para o crescimento de plantas, apresenta forte interação com os nutrientes minerais no solo. O movimento de nutrientes no solo e a absorção destes pelas plantas são fortemente influenciados pela disponibilidade de água no solo. Essa disponibilidade é primeiramente determinada pelo regime pluviométrico da região e por algumas características do solo (BARROS; COMERFORD, 2002).

A busca de genótipos mais eficientes e a adoção de técnicas de manejo que resultem no melhor aproveitamento desses recursos constituem prioridade em instituições de pesquisas e empresas florestais (BARROS; COMERFORD, 2002). Os trabalhos de genética florestal, em geral, visam a obtenção de genótipos que apresentem elevada produtividade, madeira com determinadas características tecnológicas ou, ainda, árvores resistentes à pragas, doenças ou algum fator ambiental limitante, como a geada ou o déficit hídrico. A produtividade tem relação direta com a sustentabilidade biológica da floresta, visto que a maior produtividade de um genótipo é uma expressão de sua capacidade de capturar recursos (luz, água, nutriente e CO₂) de seu meio de crescimento (WATERMAN; MOLE, 1989).

A seleção de genótipos com alta capacidade produtiva tem sido feita utilizando-se testes de espécies, procedências, clones, etc, em ambientes com variações climáticas, no caso de estudos de abrangência nacional ou regional, ou dentro de um mesmo estrato climático, na qual as variações ambientais se relacionam aos fatores edáficos e fisiográficos. Nesses estudos, são selecionados os materiais genéticos que apresentam o melhor crescimento e melhores características silviculturais e tecnológicas da madeira. (BARROS; COMERFORD, 2002). Em geral, ao se estabelecer uma rede ampla de testes, procura-se selecionar aqueles genótipos que se adaptam ao maior número de condições, os chamados genótipos “plásticos” ou mais estáveis. No entanto, é freqüente constatar-se forte interação entre genótipo e ambiente, ou seja, genótipos com grande especificidade para um ambiente de crescimento e que mostram elevada produção num ambiente, mas não em outro. Esse tipo de comportamento parece mais comum à medida que se estreita a base genética. (BARROS; COMERFORD, 2002).

Em ambientes restritivos, os genótipos muito produtivos apresentam maior eficiência nutricional e/ou eficiência hídrica; isto é, elevada capacidade de absorção e/ou de utilização desses recursos para a captura de CO₂. Os mecanismos responsáveis por essa eficiência são vários e podem ser intrínsecos à planta ou à adaptação que ela desenvolve para modificação do ambiente com vistas à captação de recursos (JONES; WILKINS, 1971; GALBERMAN; GERLOFF, 1983; GODDARD; HOLLIS, 1984; SHERIFF *et al.*, 1995; BOYLE *et al.*, 1997).

2.2 OBJETIVO

Avaliar os efeitos do ambiente no crescimento de duas famílias de polinização aberta de *Eucalyptus benthamii* que apresentam diferentes taxas de crescimento.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 MATERIAL GENÉTICO

O monitoramento do comportamento do crescimento radial individual das árvores foi realizado em 20 árvores amostradas de duas famílias selecionadas dentre as 32 famílias existentes no teste progênie de polinização aberta de *E. benthamii*. A seleção das famílias foi baseada nas estimativas dos valores genéticos do DAP (apresentados na Tabela 13 do anexo). A família 11 estava entre as famílias de maior crescimento e a família 24 entre as de menor crescimento em DAP em Caçador-SC. A variável DAP foi escolhida por ser a variável de crescimento de maior precisão na avaliação, e por apresentar alta correlação genética com a variável altura total e com a variável volume, como também, por ser o caráter mensurado de forma indireta pelos dendrômetros de ponto.

Os dendrômetros de ponto foram instalados em dez árvores de cada família, distribuídas em duas repetições do teste de progênie. A distância entre as parcelas que continham as árvores foi outro fator considerado na definição das famílias que seriam monitoradas. Contribuíram, também, para a seleção das duas famílias, o fato delas apresentarem parcelas mais próximas entre si, de forma a facilitar a instalação do sistema de armazenamento de dados (*datalogger*) em um ponto centralizado que permitisse diminuir o comprimento dos cabos elétricos que o conectava com os dendrômetros de ponto.

Os diâmetros (DAP) e altura total das árvores monitoradas pelos dendrômetros de ponto, médias e desvios-padrão das famílias F11e F24, aos 58 meses de idade, são apresentados no Quadro 4.

ÁRVORE	DAP (cm)	ALTURA(m)
F11.1	14,8	8,0
F11.2	20,4	17,0
F11.3	20,2	14,0
F11.4	21,3	18,5
F11.5	18,0	13,0
F11.6	18,6	17,5
F11.7	16,6	16,0
F11.8	20,0	19,0
F11.9	16,9	16,5
F11.10	17,3	13,5
F24.1	17,7	15,5
F24.2	19,2	14,0
F24.3	19,0	15,5
F24.4	18,9	14,5
F24.5	17,1	12,0
F24.6	12,1	7,0
F24.7	17,9	14,5
F24.8	14,3	8,5
F24.9	19,6	17,0
F24.10	18,7	16,5
Média F11	16,8	14,5
Desvio Padrão F11	3,46	3,16
Média F24	13,9	11,1
Desvio Padrão F24	4,30	4,37

QUADRO 4 – DIÂMETRO (DAP) MÉDIO E ALTURA MÉDIA DAS ÁRVORES MONITORADAS PELOS DENDRÔMETROS, MÉDIAS GERAIS E DESVIOS PADRÃO DAS DUAS FAMÍLIAS (FAMÍLIA F11 E FAMÍLIA F24) DE *E. benthamii*, PLANTADOS EM CAÇADOR, SC, AVALIADOS AOS 58 MESES DE IDADE.

FONTE: o autor (2008)

2.3.2 ÉPOCA, LOCAL DE INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS USADOS PARA COLETA DE DADOS

Os equipamentos foram instalados em outubro de 2006 na área do teste de progênes de polinização aberta de *E. benthamii*, localizada no município de Caçador, SC. Os equipamentos eram constituídos de uma estação meteorológica com sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Figura 8), dois tensiômetros colocado à 30 cm de profundidade do solo (Figura 4) e o outro à 60 cm (Figura 5) e, um sistema de monitoramento do comportamento de crescimento radial das árvores,

com um armazenador de dados operado por baterias (Figuras 9) e 20 dendrômetros de ponto (Figuras 6 e 7).



FIGURA 4 – TENSÍÔMETRO INSTALADO À 30CM DE PROFUNDIDADE NO SOLO



FIGURA 5 – TENSÍÔMETRO INSTALADO À 60CM DE PROFUNDIDADE NO SOLO



FIGURA 6 – VISTA FRONTAL DO PONTO DE DENDRÔMETRO



FIGURA 7 - VISTA LATERAL DO PONTO DE DENDRÔMETRO



FIGURA 8 – ESTAÇÃO METEOROLÓGICA E CAIXA METÁLICA COM O SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DOS DADOS



FIGURA 9 – DETALHE DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE DADOS.

2.3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os 20 dendrômetros de ponto foram instalados em cinco plantas por parcela, de duas famílias distribuídas em duas repetições do teste de progênie. Os sensores de temperatura e umidade relativa do ar, bem como os dois tensiômetros, foram instalados no centro geográfico das parcelas monitoradas.

2.3.4 COLETA DE DADOS

Dados de expansão e retração radial das árvores coletados pelos dendrômetros de ponto instalado a 1,3 m do solo (DAP), temperatura, umidade relativa do ar, tensão de água no solo à 30 e 60 cm de profundidade foram coletadas a cada cinco minutos, por um período de um ano (janeiro a dezembro de 2007), com

exceção de dez dias no mês de setembro em decorrência de uma falha do sistema elétrico. O monitoramento da precipitação, horas de insolação e ocorrência de geada foi realizado diariamente.

Os pontos de dendrômetro foram montados com uma barra fina de metal sem manchas de ferrugem (aço carbono) inseridos 40 mm dentro da madeira. Os dendrômetros de ponto foram individualmente calibrados e uma mudança de 4 μm no raio da árvore correspondeu a aproximadamente 1 mV. O crescimento radial das árvores foi monitorado no lado norte da área experimental.

2.3.5 ANÁLISE DE DADOS

Foram calculadas as médias de cada quinze minutos dos dados de contrações e dilatações do raio do fuste coletadas pelos dendrômetros de ponto a cada cinco minutos durante o período de observação. Esses dados foram multiplicados por 5.000 e em seguida foram estimadas as inclinações médias da reta de crescimento para cada indivíduo em cada mês. Primeiramente, para os dados diários, ajustou-se pela minimização dos erros quadráticos uma regressão linear simples utilizando o tempo como variável independente, conforme a seguinte expressão:

$$Y_{t,i} = a^{(i)} + b^{(i)}t_i$$

Na expressão acima, $Y_{t,i}$ é o valor medido pelo dendrômetro de ponto no instante t do i -ésimo dia e $b^{(i)}$ representa a inclinação estimada para o i -ésimo dia. A regressão linear simples neste caso foi utilizada de modo exploratório com intuito de conhecer as taxas de crescimento de cada indivíduo.

Com o resultado diário, avaliou-se em cada mês as inclinações médias das retas de crescimento dos indivíduos:

$$\bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^{30} b^{(i)}}{30}$$

Para a comparação entre as taxas de crescimento das duas famílias, dentro um determinado mês, foi aplicado o teste-t para duas amostras independentes. Posteriormente, utilizou-se o valor-p do teste como medida de informação para identificar os meses em que estas diferenças mostraram-se mais significativas.

Para um conjunto de n observações, o coeficiente de correlação amostral $r_{(x,y)}$ é calculado conforme:

$$r_{(x,y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

O coeficiente de correlação amostral representa uma estimativa de $\rho_{(x,y)}$ o coeficiente de correlação populacional entre as duas variáveis. Com base na amostra, podemos testar a hipótese $H_0 : \rho_{(x,y)} = 0$ contra a alternativa bilateral. A estatística de teste segue a distribuição t de Student com $n-2$ graus de liberdade:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Para determinar quais foram as variáveis ambientais mais relacionadas com os valores de inclinação da curva de crescimento diário dos indivíduos avaliados foi usada a análise da árvore de regressão conforme o algoritmo CART, descrito em Breiman *et al.* (1984).

Esta metodologia consiste em executar um algoritmo para criação de agrupamentos de objetos que sejam internamente homogêneos e heterogêneos entre si. Inicialmente são formados dois agrupamentos conforme a resposta (sim ou não) a uma pergunta feita sobre uma das variáveis explicativas. Após a primeira partição binária, repete-se mesmo o procedimento em cada um dos novos

agrupamentos criados e assim por diante até que seja atendido um critério de parada. Por exemplo:

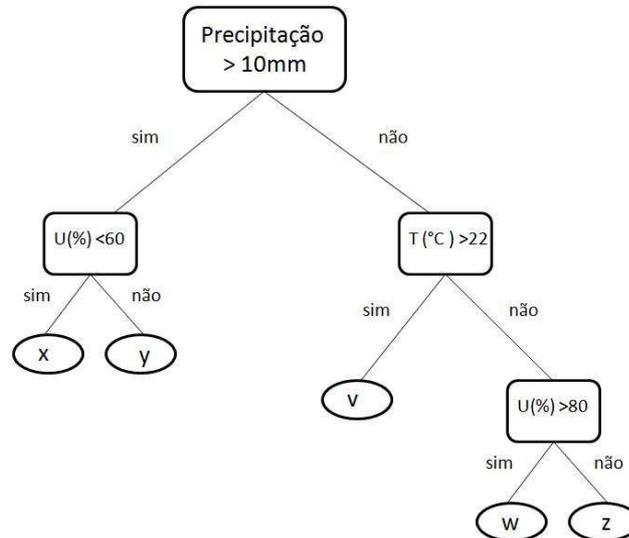


FIGURA 10 – EXEMPLO DE UMA ANÁLISE DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁRVORES POR REGRESSÃO

FONTE: o autor (2008)

O procedimento CART (Análise de classificação de árvores por regressão) pode ser diagramado como a árvore mostrada na Figura 10. Nas folhas da árvore aparecem as médias que representam os valores de inclinação da curva de crescimento naquele agrupamento (x, y, v, w, z).

A metodologia CART é não-paramétrica, pois não vincula a variável resposta a uma distribuição de probabilidades e conseqüentemente aos seus parâmetros. Também não é ligada a um critério ótimo particular. Em prática, o processo necessita de centenas de observações e, regularmente, muitas variáveis. O que determina a escolha da variável explicativa para a formação dos agrupamentos é o decréscimo na soma dos quadrados dos desvios em relação à média. A variável explicativa que maximiza este decréscimo é aquela escolhida como responsável pela formação dos dois novos agrupamentos (BREIMAN *et al.*, 1984). Para a realização dessas análises foi utilizado o software R versão 2.7.1 Core team (2008).

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O incremento radial médio das famílias 11 e 24 e as condições ambientais (umidade relativa do ar, temperatura, tensão de água no solo a 30 e 60 cm de profundidade, precipitação e horas de insolação) no período de janeiro a dezembro de 2007, do local da instalação do teste de progênies estão apresentados na Figura 11.

De acordo com Downes *et al.* (1999), a taxa de crescimento pode variar durante o ano, porém a mesma quantidade de crescimento pode ser atingida quando se tem uma maior taxa de crescimento em um período curto, ou por ter uma baixa taxa de crescimento em um período longo. Considerando estes fatos, é possível afirmar que, na média, a diferença de crescimento entre as árvores das duas famílias analisadas no presente trabalho não foi causada por diferença da duração do período de crescimento, mas sim pela maior taxa de crescimento dos indivíduos em um mesmo período de tempo.

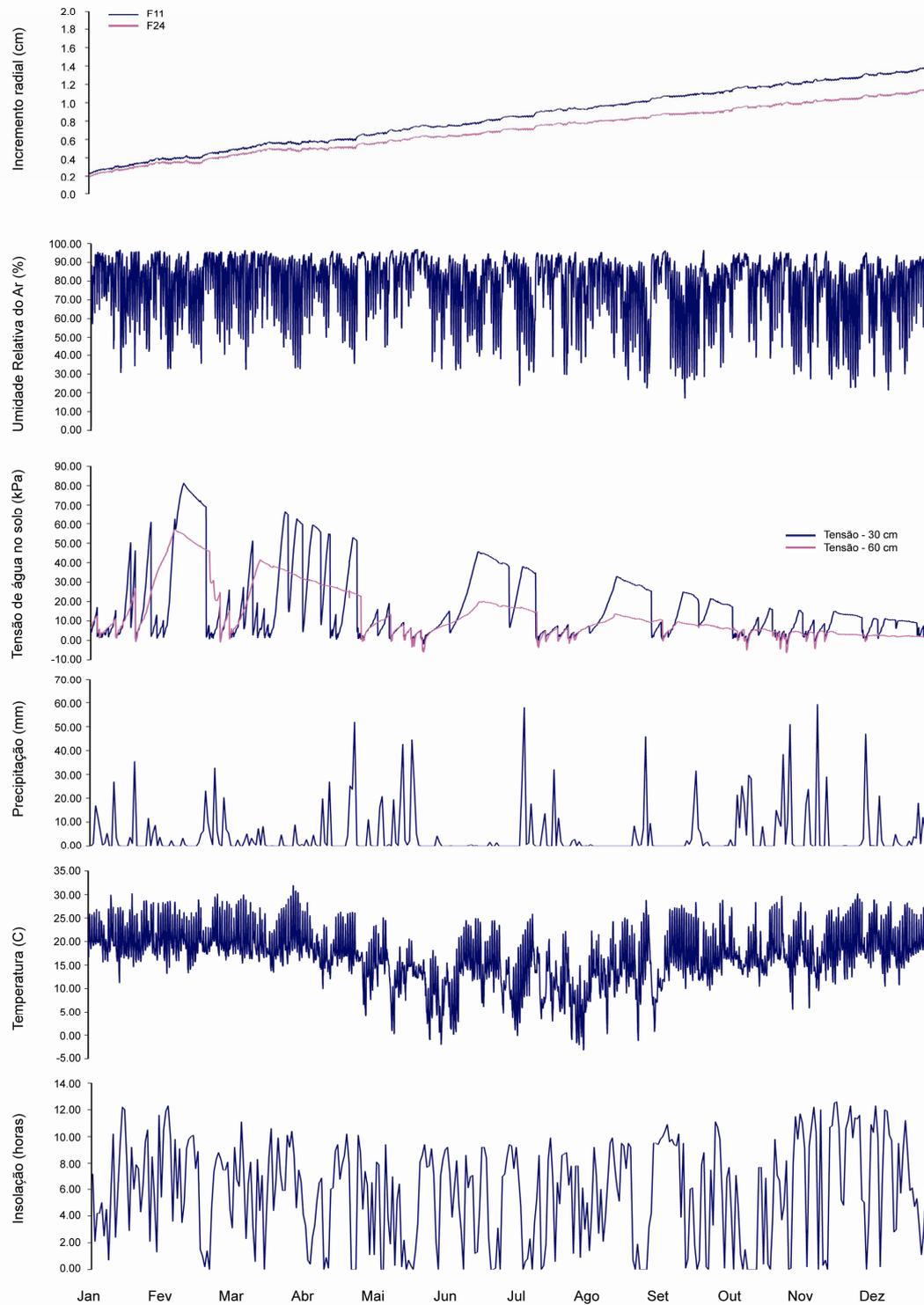


FIGURA 11 - INCREMENTO RADIAL MÉDIO DAS FAMÍLIAS F11 E F24, UMIDADE RELATIVA DO AR, TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO À 30 E 60CM, PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E INSOLAÇÃO DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.

FONTE: o autor (2008)

Para compreender melhor o efeito das condições ambientais no crescimento das famílias avaliadas (F11e F24) foram determinadas as inclinações das curvas de crescimento médio mensal das famílias 11 e 24, no período de janeiro a dezembro de 2007, e essas inclinações foram posteriormente correlacionadas com os dados das condições ambientais.

TABELA 14 – INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DAS MÉDIAS DAS FAMÍLIAS F11 E F24 DOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007, SEUS RESPECTIVOS P-VALORES E O DIFERENCIAL DE INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO

MÊS	Inclinação da Curva de Crescimento Médio F11	Inclinação da Curva de Crescimento Médio F24	P – Valor	Dif. de inclinação F11 - F24
Janeiro	0,505	0,474	0,6740 ^{ns}	0,031
Fevereiro	0,347	0,271	0,3250 ^{ns}	0,076
Março	0,298	0,229	0,3215 ^{ns}	0,069
Abril	0,301	0,211	0,1262 ^{ns}	0,090
Mai	0,327	0,287	0,5359 ^{ns}	0,040
Junho	0,422	0,316	0,1236 ^{ns}	0,106
Julho	0,342	0,278	0,2216 ^{ns}	0,064
Agosto	0,375	0,262	0,0441*	0,113
Setembro	0,207	0,089	0,0137*	0,118
Outubro	0,331	0,321	0,8418 ^{ns}	0,010
Novembro	0,246	0,216	0,5723 ^{ns}	0,030
Dezembro	0,318	0,287	0,6175 ^{ns}	0,031
Média anual	0,335	0,270	0,0010**	0,065

Dif. de inclinação F11- F24 = Diferencial de inclinação das curvas de crescimento entre a F11 e a F24; * significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

FONTE: o autor (2008)

As famílias F11 e F24 apresentaram diferenças altamente significativas (1% de probabilidade) nas taxas de crescimentos, representadas, nesta análise, pela inclinação da curva de crescimento determinada para o ano de 2007.

No entanto, uma análise mais detalhada de crescimento, baseada na inclinação mensal média das famílias, mostra que as diferenças significativas ocorreram apenas nos meses de agosto e setembro de 2007. A inclinação da curva de crescimento mensal médio da família 11 no mês de agosto (0,375) foi superior à inclinação da curva de crescimento anual médio dessa mesma família (0,335), já a

inclinação da curva de crescimento mensal médio da família 24 nesse mesmo mês (0,262), foi inferior à sua inclinação da curva de crescimento médio anual (0,270).

O diferencial da inclinação das curvas de crescimento médio mensal, em relação ao crescimento médio anual, das famílias 11 e 24 no mês de agosto foi o segundo maior diferencial de crescimento quando comparado aos demais meses do ano, sendo estatisticamente significativo pelo teste t para médias pareadas.

O menor crescimento durante o ano e, também, o maior diferencial de inclinação da curva de crescimento médio mensal apresentado pela média das famílias, ocorreu no mês de setembro. Nesse período a inclinação da curva de crescimento médio mensal foi de 0,207 para a família 11 e 0,089 para a família 24. Quando comparado aos demais meses desse ano, observou-se, também, que a queda no crescimento foi mais acentuada na família 24, indicando que essa família foi mais afetada pelas alterações das condições ambientais desse período que a família 11.

O diferencial da curva de crescimento foi menor no mês de outubro (0,010) quando comparado aos demais meses do ano. Pode-se observar na Tabela 14 que, neste mês, a inclinação da curva de crescimento médio mensal da família 11 foi inferior à sua média anual, já a inclinação da curva de crescimento médio mensal da família 24 foi superior à sua média anual, ou seja, as condições ambientais que favoreceram o crescimento acima da média da família 24 não foram suficientes para favorecer uma resposta similar a essa no crescimento médio da família 11.

O mês em que as famílias apresentaram a maior inclinação da curva de crescimento médio mensal foi janeiro, em que a inclinação da curva de crescimento médio da família 11 foi de 0,505 e da família 24 foi de 0,474.

A fim de compreender como as alterações das condições ambientais influenciam na inclinação da curva de crescimento médio mensal das famílias 11 e 24, foram calculados os coeficientes de correlações amostrais existentes entre a inclinação da curva de crescimento médio mensal das famílias e as variáveis ambientais nos meses de janeiro à dezembro de 2007 (Tabela 15).

TABELA 15 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES AMOSTRAIS ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MÉDIO MENSAL DAS FAMÍLIAS F11 E F24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007

MÊS	Famílias	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
Jan	F11	0,721*	-0,327	0,049	0,059	0,471*	-0,767*
	F24	0,740*	-0,323	0,018	0,030	0,460*	-0,787*
Fev	F11	0,782*	-0,257	-0,054	-0,075	0,407*	-0,816*
	F24	0,823*	-0,155	-0,179	-0,199	0,454*	-0,821*
Mar	F11	0,765*	-0,422*	-0,242	-0,045	0,822*	-0,775*
	F24	0,780*	-0,422*	-0,329	-0,150	0,805*	-0,773*
Abr	F11	0,827*	-0,185	-0,374*	-0,148	0,717*	-0,691*
	F24	0,783*	-0,171	-0,368*	-0,150	0,696*	-0,642*
Mai	F11	0,621*	0,404*	-0,034	0,010	0,580*	-0,790*
	F24	0,654*	0,414*	-0,076	-0,023	0,597*	-0,818*
Jun	F11	0,603*	-0,082	0,090	0,063	0,516*	-0,736*
	F24	0,588*	-0,064	0,081	0,064	0,539*	-0,735*
Jul	F11	0,545*	0,144	-0,155	-0,064	0,619*	-0,763*
	F24	0,542*	0,115	-0,177	-0,083	0,597*	-0,765*
Ago	F11	0,522*	-0,295	-0,416*	-0,402*	0,496*	-0,631*
	F24	0,515*	-0,297	-0,411*	-0,380*	0,488*	-0,638*
Set	F11	0,487*	-0,666*	-0,241	-0,091	0,375	-0,718*
	F24	0,500*	-0,710*	-0,273	-0,087	0,395	-0,705*
Out	F11	0,743*	-0,415*	-0,144	0,071	0,575*	-0,477*
	F24	0,733*	-0,418*	-0,142	0,085	0,567*	-0,475*
Nov	F11	0,668*	-0,182	-0,228	-0,338	0,742*	-0,855*
	F24	0,654*	-0,173	-0,218	-0,309	0,730*	-0,851*
Dez	F11	0,738*	-0,263	-0,402*	-0,225	0,678*	-0,850*
	F24	0,730*	-0,276	-0,390*	-0,215	0,635*	-0,834*

* significativo a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

Observa-se que, o efeito das variáveis ambientais no período de crescimento médio mensal das famílias 11 e 24 foram semelhantes em todos os meses do ano de 2007, confirmando que as respostas de crescimento às alterações nas condições ambientais são as mesmas nas duas famílias, e que a diferença no crescimento foi causada pela alteração da taxa de crescimento durante o período.

Analisando o efeito de cada variável ambiental na inclinação da curva de crescimento médio mensal durante o ano de 2007, verifica-se que as variáveis ambientais que apresentam correlação com o crescimento durante todo o ano foram: umidade relativa do ar, horas de insolação e a precipitação, com exceção do mês de setembro onde a precipitação não apresentou correlação com a inclinação da curva

de crescimento médio mensal. Deve ser salientado que, nesse trabalho, a taxa de crescimento foi representada pela inclinação da curva de crescimento mensal ou anual média de família ou em nível de indivíduo.

As correlações entre a inclinação da curva de crescimento médio mensal e o número de horas de insolação foram negativas em todos os meses do ano, indicando que, quanto maior for o número de horas de insolação, menor foi a taxa de crescimento médio mensal das famílias 11 e 24. Resultados semelhantes foram observados por Downes *et al.* (1999) em um estudo realizado com *E. globulus* e *E. nitens* em que as mesmas variáveis ambientais consideradas no presente trabalho, apresentaram correlação com o crescimento dessas duas espécies de eucalipto no período de agosto de 1996 à julho de 1997.

Os valores médios mensais das variáveis ambientais durante o ano de 2007 são apresentados na Tabela 16, com exceção do número de dias com ocorrência de geadas, em que os valores apresentados são os totais.

TABELA 16 – VALORES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007

MÊS	Umidade Relativa do Ar (%)	Temperatura (°C)	Tens 30 (KPa)	Tens 60 (KPa)	Precipitação Mensal (mm)	Horas de Insolação Mensal (h)	Nº de dias com geada
Jan	80,00	20,8	12,85	14,32	143,3	194,7	0
Fev	77,00	20,8	41,68	40,45	117,6	193,0	0
Mar	80,00	20,5	25,06	29,29	58,0	203,4	0
Abr	81,00	17,6	25,62	23,29	163,6	150,7	0
Mai	83,00	12,2	5,97	5,59	212,9	133,3	6
Jun	76,00	13,4	29,39	15,72	9,9	149,1	5
Jul	76,00	10,7	11,75	6,68	175,7	165,4	10
Ago	75,00	13,7	20,04	10,44	68,2	152,6	2
Set	69,00	17,9	15,10	7,60	79,2	192,9	1
Out	79,00	17,6	9,85	4,57	219,7	126,2	0
Nov	71,00	17,9	8,37	3,00	193,4	239,7	0
Dez	75,00	19,9	8,29	2,27	143,9	216,5	0

FONTE: o autor (2008)

Anteriormente foi salientado que inclinação da curva de crescimento das famílias 11 e 24 diferiram significativamente nos meses de agosto e setembro. Analisando a correlação das condições ambientais com a inclinação da curva de crescimento nesses meses, verifica-se que, apesar da tensão de água no solo nas duas profundidades avaliadas (30 e 60 cm) ter sido alta (Tabela 16) e, estar correlacionada negativamente com o crescimento das duas famílias, esse efeito foi mais acentuado na família 24 do que na família 11 no mês de agosto. Estes resultados indicam que as árvores da família 11 são mais eficientes no uso da água do que as árvores da família 24; ou que, as árvores da família 11 possuem maior capacidade de extrair água do solo mesmo em condições de alta tensão que do as árvores da família 24.

A redução da inclinação da curva de crescimento médio mensal foi muito maior no mês de setembro, além disso, esse foi o mês do ano que as famílias apresentaram o menor crescimento. Ainda que as duas famílias tenham apresentado uma grande redução do crescimento nesse mês é evidente que as árvores da família 24 sofreram maior redução que as árvores da família 11. A interação de duas mudanças nas condições ambientais, observadas no mês de setembro, pode ter contribuído para a redução acentuada do crescimento das árvores:

- a) A temperatura média mensal que estava variando durante os meses de maio a agosto entre 10,7 e 13,7°C aumentou para 17,9 °C.
- b) A precipitação mensal não apresentou efeito significativo no crescimento, como vinha acontecendo nos demais meses do ano, mesmo que o volume de água precipitado nesse mês não tenha sido o menor quando comparado aos demais meses do ano.

Segundo (TONELLO; TEXEIRA FILHO, 2007), as altas temperaturas, observadas, sobretudo durante o dia, aumentam a demanda evaporativa da atmosfera ao provocar aumentos no déficit de pressão de vapor (DPVS), o que tende a intensificar a transpiração. Entretanto, na ausência de um suprimento de água adequado, a transpiração excessiva gera um déficit hídrico nas folhas, estimulando o fechamento dos estômatos, o que reduz a transpiração e conseqüentemente o crescimento vegetal.

As variáveis ambientais que mais contribuíram para a maior e a menor inclinação da curva de crescimento médio, no período de janeiro à dezembro de 2007, são apresentadas na Figura 12 e 13, que mostram os resultados das análises de classificação de árvore dos indivíduos da família 11 e 24 e e das variáveis ambientais no ano de 2007, respectivamente.

A Figura 12 apresenta os resultados da análise de classificação de árvores da média dos indivíduos da família 11 e das variáveis ambientais no ano de 2007.

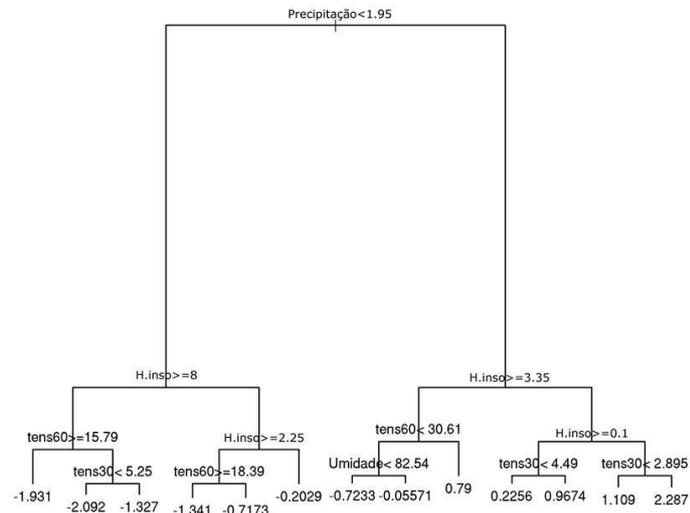


FIGURA 12- ANÁLISE DE ÁRVORE DA MÉDIA DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 11

FONTE: o autor (2008)

A Figura 13 apresenta os resultados da análise de classificação de árvores da média dos indivíduos da família 24 e das variáveis ambientais no ano de 2007.

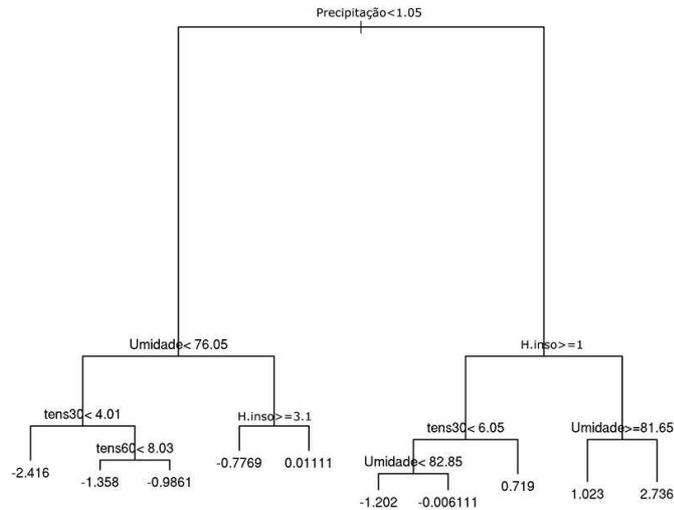


FIGURA 13 - ANÁLISE DE ÁRVORE DA MÉDIA DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 24.

FONTE: o autor (2008)

A análise de árvores da média dos indivíduos de cada família mostra algumas diferenças nas variáveis ambientais que estão relacionadas aos dias em que a inclinação da curva de crescimento médio das árvores das duas famílias foi maior ou menor, durante o ano de 2007:

- A precipitação é a variável ambiental que mais influência o crescimento. Dependendo de sua ocorrência e intensidade, esta influência pode ser positiva ou negativa.
- Em ordem de importância, o número de horas de insolação é a segunda variável que apresenta maior influência no crescimento das árvores das duas famílias avaliadas. O limite em que o número de horas de insolação é benéfico ao crescimento das árvores varia em função da família, sendo que para a família 11 o dia pode chegar a ter até 3,35 horas de insolação e para a família 24 apenas uma hora.
- A principal diferença encontrada entre os fatores ambientais que influenciam no aumento da taxa de crescimento observada, refere-se à variável de terceira importância, que para a família 11 é a tensão de água no solo a 30 cm (maior que 2,895 KPa) e, para a família 24, é a umidade relativa do ar (menor que 81,65%).

A maior inclinação da curva de crescimento médio das árvores da família 11 foi de 2,267 e as variáveis que tiveram maior influência para que essa média atingisse esse patamar foram: precipitação maior que 1,95 mm, número de horas de insolação inferior a 3,35 e tensão de água no solo à 30 cm de profundidade superior a 2,895 KPa, nessa respectiva ordem de importância (Figura 12). A menor inclinação da curva de crescimento médio das árvores da família 11 foi de -1,931 e as variáveis ambientais que mais contribuíram foram: precipitação menor que 1,95 mm, horas de insolação superior a 8 e tensão de água no solo à 60 cm de profundidade maior que 15,79 KPa (Figura 12).

A maior inclinação da curva de crescimento médio das árvores da família 24 foi de 2,736 e as variáveis que tiveram maior influência para que essa média atingisse esse patamar foram: precipitação maior que 1,05 mm, horas de insolação inferior a 1 e umidade relativa do ar inferior à 81,65%, nessa respectiva ordem de importância (Figura 13). A menor inclinação da curva de crescimento médio das árvores da família 11 foi de -2,415 e as variáveis ambientais que mais contribuíram foram: precipitação menor que 1,05 mm, umidade relativa do ar inferior a 76,05% e tensão de água no solo à 30 cm de profundidade inferior à 4,01 KPa, nessa respectiva ordem de importância (Figura 12).

Verifica-se que as variáveis ambientais relacionadas à maior e menor taxa de crescimento diário médio das famílias 11 e 24 apresentadas anteriormente não seguem um padrão entre as famílias e nem mesmo apresentam influência oposta no crescimento quando comparamos entre o maior e menor crescimento diário médio da própria família.

Quando comparados os valores de inclinação da curva de crescimento médio nos dias sem ocorrência de geada com as dos dias com ocorrência de geada da família 11 e 24 (Figura 14 e 15), observa-se que a ocorrência de geadas não afeta o crescimento médio das árvores dessas famílias.

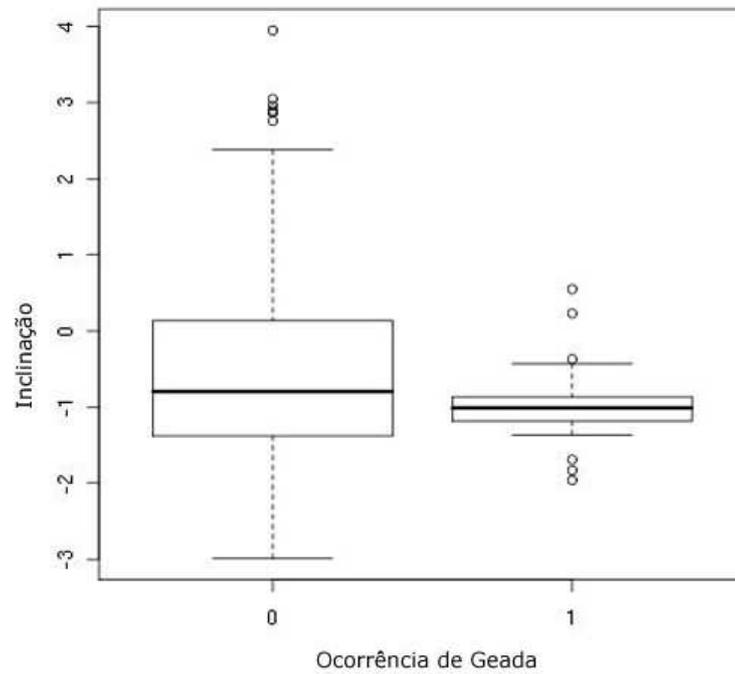


FIGURA 14 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO MÉDIO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 11

FONTE: o autor (2008)

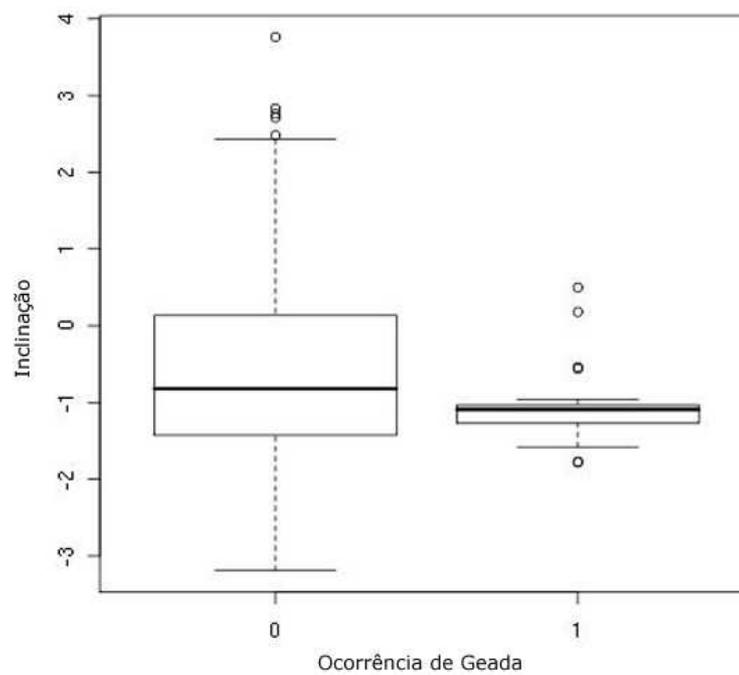


FIGURA 15 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO MÉDIO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 24

FONTE: o autor (2008)

Na Figura 16, são apresentados em ordem decrescente de crescimento com base no incremento radial anual dos indivíduos das famílias 11 e 24 e suas respectivas inclinações de crescimento nos meses de dezembro à janeiro do ano de 2007.

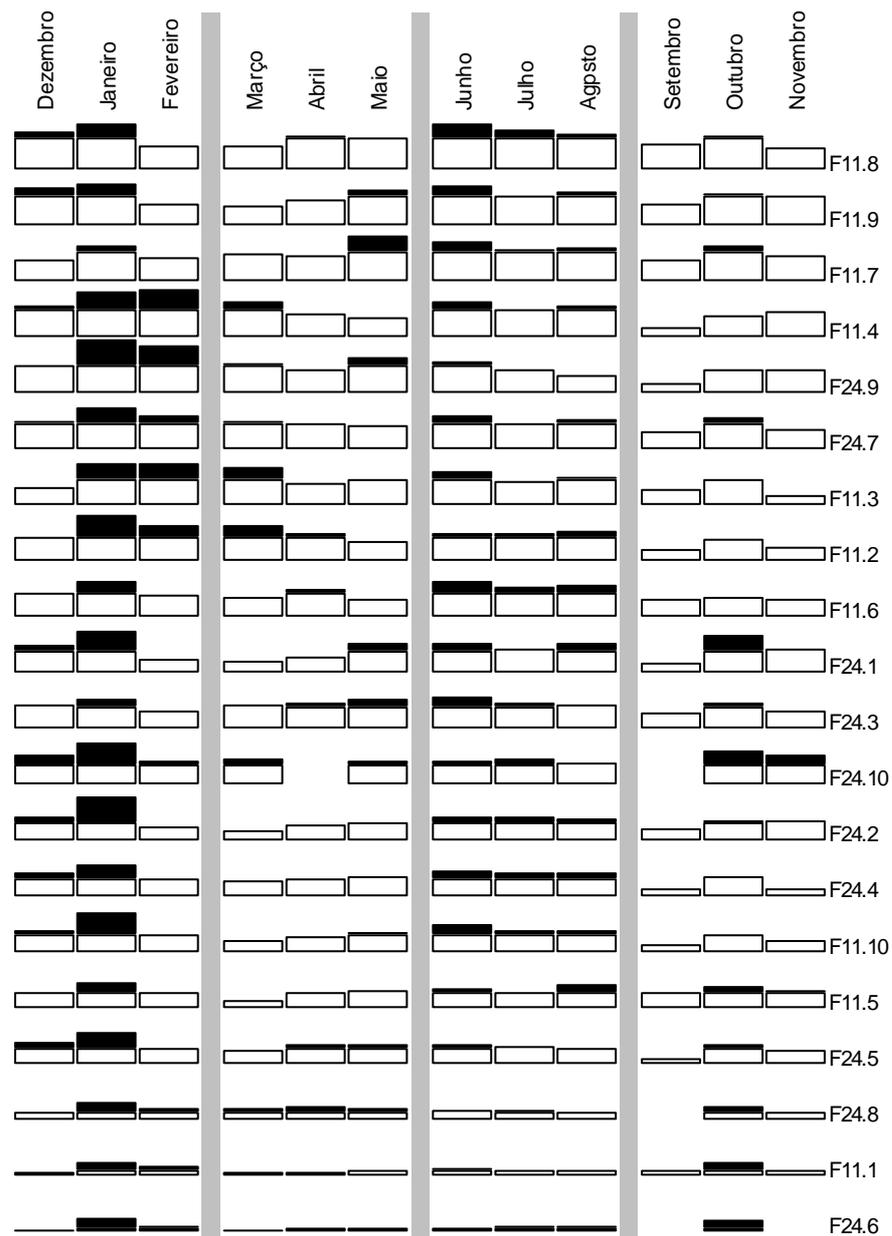


FIGURA 16 – INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DAS FAMÍLIAS 11 E 24 NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DO ANO DE 2007

FONTE: o autor (2008)

Observa-se que as informações foram dispostas em função das estações do ano; verão, outono, inverno e primavera de acordo com seus respectivos meses. Foi destacada na Figura 16 a proporção da inclinação da curva de crescimento que se encontra acima da média anual de cada indivíduo.

Baseado nessa informação é possível verificar que é no verão que os indivíduos, de maneira geral, crescem mais. Verifica-se entretanto, que o crescimento no inverno é superior às demais estações do ano.

Em um estudo semelhante a esse realizado no sudeste da Tasmânia, foi observado que a fase de maior incremento de crescimento de *E. nitens* foi na primavera e outono e do *E. globulus* foi durante o outono (DOWNES, *et al.*, 1999).

Ao analisar a ordem dos indivíduos em relação ao crescimento anual, constata-se que entre os dez indivíduos de maior crescimento encontram-se sete indivíduos da família 11 e três da família 24, sendo que os quatro indivíduos de maior crescimento entre os analisados pertencem à família 11, porém entre os cinco indivíduos de menor crescimento encontram-se dois dessa mesma família.

Ao comparar a velocidade de crescimento de cada um dos indivíduos não foi possível estabelecer grupos entre eles, que apresentem alguma semelhança. Com isso conclui-se que a resposta desses indivíduos às variações das condições climáticas é diferenciada.

Na Figura 17, são apresentados os incrementos radiais dos dez indivíduos da família 11 e os dados de condições ambientais do local do teste de progênies ao longo do ano de 2007.

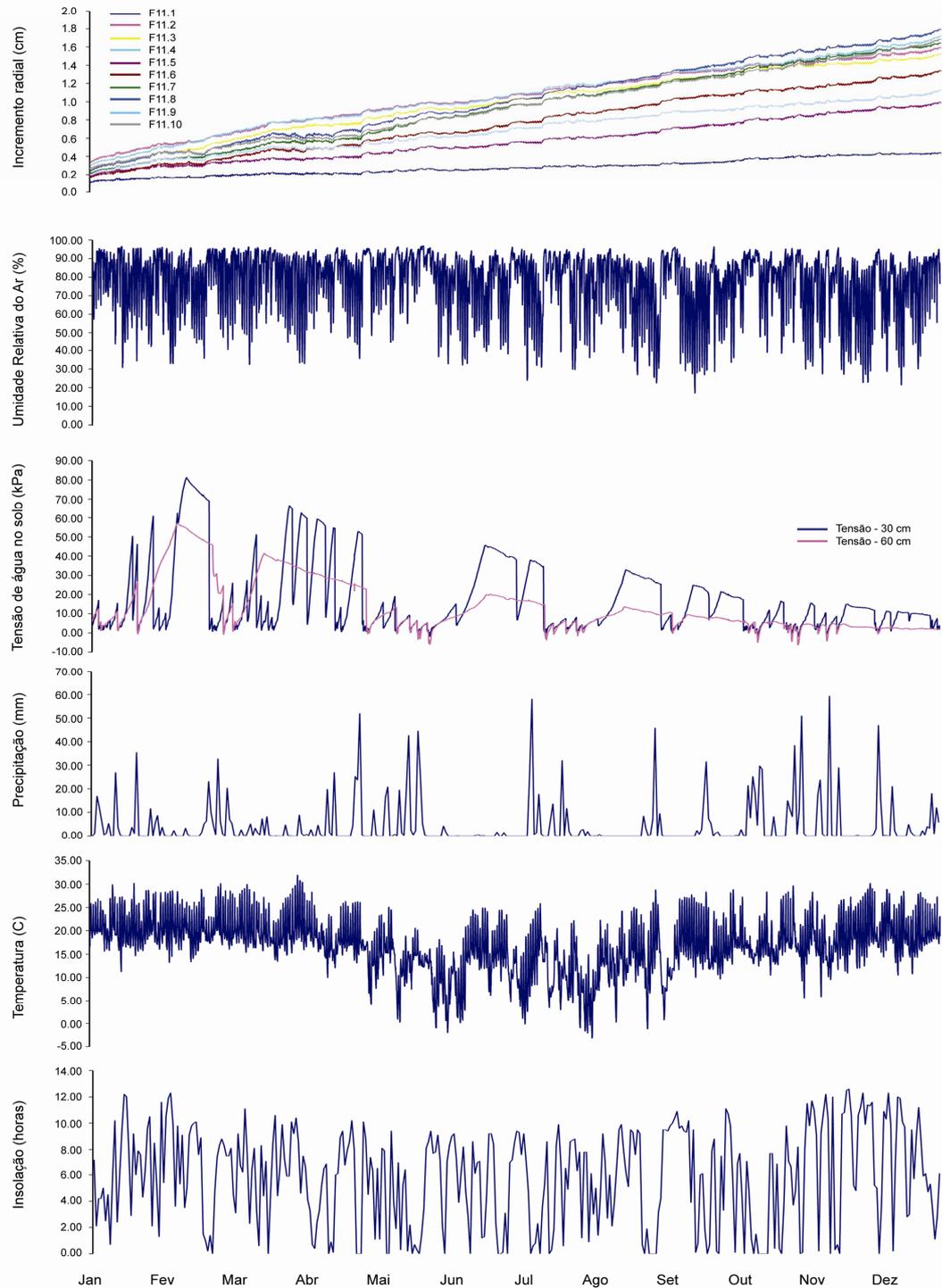


FIGURA 17 – INCREMENTO RADIAL DAS ÁRVORES DA FAMÍLIA F11, UMIDADE RELATIVA DO AR, TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO A 30 E 60 CM, PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E INSOLAÇÃO DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007

FONTE: o autor (2008)

Confirmando o que foi apresentado na Figura 11, o padrão de crescimento não varia entre os dez indivíduos da família 11, mas sim a velocidade, porém essa apresenta uma grande variação. Observa-se na Figura 17, que entre os dez indivíduos dessa família, seis apresentam uma maior velocidade de crescimento e entre os outros quatro indivíduos, o indivíduo F11.1 é o que chama mais atenção, por apresentar baixo crescimento durante todo o ano.

Na tentativa de compreender as discrepâncias de crescimentos existentes entre os indivíduos da família 11, foram comparadas as informações existentes do indivíduo de maior crescimento anual (F11.8) com a do indivíduo de menor crescimento anual (F11.1).

Os valores da inclinação da curva de crescimento dos indivíduos F11.8 e F11.1 no período de Janeiro a Dezembro de 2007 e os valores do diferencial de inclinação da curva de crescimento entre os mesmos, são apresentados na Tabela 17.

TABELA 17 – INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 11 DOS MESES DE JANEIRO A DEZEMBRO DE 2007 E O DIFERENCIAL DE INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO

MÊS	Inclinação da Curva de Crescimento		Dif. de inclinação F11.8 - F11.1
	F11.8	F11.1	
Janeiro	0,632	0,169	0,463
Fevereiro	0,311	0,122	0,189
Março	0,306	0,048	0,258
Abril	0,462	0,049	0,413
Mai	0,432	0,075	0,357
Junho	0,616	0,101	0,515
Julho	0,542	0,067	0,475
Agosto	0,487	0,079	0,408
Setembro	0,354	0,073	0,281
Outubro	0,462	0,187	0,275
Novembro	0,297	0,079	0,218
Dezembro	0,501	0,042	0,459
Média anual	0,450	0,091	0,359

Dif. de inclinação F11.8 - F11.1 = Diferencial de inclinação das curvas de crescimento entre os indivíduos F11.8 e F 11.1

FONTE: o autor (2008)

Corroborando com as informações apresentadas na Tabela 14, os valores de inclinação da curva de crescimento mensal desses indivíduos indicam que, apesar da menor média da família 11 ter sido no mês de setembro, o efeito das condições climáticas não afetou os indivíduos da família 11 na mesma proporção que afetou os indivíduos da família 24. Isso é constatado pelos dados individuais de inclinação da curva de crescimento mensal, onde pode-se observar que o mês de menor crescimento ao longo do ano para o indivíduo F11.8 foi novembro e para o indivíduo F11.1 foi dezembro. Na Figura 16, observa-se a grande variação entre o mês de menor crescimento dos indivíduos dessa família. Quatro dos dez indivíduos analisados apresentaram o menor crescimento no mês de setembro e, os demais, variaram entre os meses de março, novembro e dezembro.

O mesmo aconteceu para o mês de janeiro que, de acordo com os dados médios da família, foi o mês de maior crescimento médio. O resultado da análise dos dados individuais mostra que cinco indivíduos apresentaram seu maior crescimento nesse mês e os demais se distribuíram entre os meses de fevereiro, maio, junho e Outubro (Figura 16).

O maior diferencial de crescimento não coincide com o mês de maior e menor crescimento de nenhum dos dois indivíduos, porém o diferencial de crescimento é significativo (0,515). Esse valor de inclinação da curva de crescimento é superior à média da inclinação da curva de crescimento anual do indivíduo F11.8 e superior às inclinações da curva de crescimento mensais do indivíduo F11.1. Esse maior diferencial da inclinação da curva de crescimento mensal foi observado no mês de junho e o menor no mês de fevereiro, nesse mês a inclinação da curva de crescimento do indivíduo F11.8 foi inferior à sua média anual e a do indivíduo F11.1 foi superior à média anual.

Nesse mês a precipitação mensal foi de 9,9 mm, que segundo os dados históricos do local, a precipitação desse mês foi 118,1 mm abaixo da média histórica, e com isso a tensão de água no solo a 30 e 60 cm de profundidade foi elevada. Os dados de inclinação da curva de crescimento mensal dos indivíduos F11.8 e F11.1 indicam que o indivíduo F11.1 foi mais afetado por essa condição de estresse hídrico, o que levou a um maior diferencial de inclinação da curva de crescimento entre esses indivíduos nesse mês.

O mês de menor diferencial da inclinação da curva de crescimento entre esses indivíduos foi fevereiro. Nesse mês a inclinação da curva de crescimento do indivíduo F11.8 foi inferior à sua média anual e a do indivíduo F11.1 foi superior à média anual. Porém, a análise dos valores de precipitação comparados à sua média histórica mensal, indica que esse foi o mês com maior diferença entre o volume de água precipitado e a média histórica, apresentando 166,0 mm abaixo do esperado, mesmo que a precipitação mensal tenha atingido 117,6 mm.

Ao observar os valores de tensão de água no solo a 30 e 60 cm de profundidade desse mês (Tabela 16), verifica-se que esse foi o mês com maior tensão de água no solo, que atingiu valores de 41,68 KPa a 30 cm de profundidade e 40,45 KPa a 60 cm de profundidade.

A análise das causas que possam ter relação com o maior e o menor diferencial de inclinação da curva de crescimento mensal das plantas F11.8 e F11.1, sugere que, nas duas situações, a precipitação e a tensão de água no solo a 30 e 60 cm de profundidade, foram as variáveis ambientais que mais se destacaram. No entanto, estas plantas apresentaram diferenças no padrão de crescimento durante os meses de junho e fevereiro, o que indica que a interação com outros fatores ambientais podem ter influenciado no crescimento dos indivíduos.

Buscando compreender melhor a influência das variáveis ambientais: umidade relativa do ar, temperatura, tensão de água no solo a 30 e 60 cm de profundidade, precipitação e horas de insolação na inclinação da curva de crescimento mensal do indivíduo F11.8, foram determinados os coeficientes de correlações entre as variáveis ambientais e a inclinação da curva de crescimento mensal. Os resultados são apresentados na Tabela 18.

TABELA 18 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MENSAL DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 11 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007

MÊS	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
Jan	0,765*	-0,375*	-0,040	0,001	0,505*	-0,794*
Fev	0,854*	-0,167	-0,300	-0,264	0,450*	-0,825*
Mar	0,823*	-0,448*	-0,403*	-0,125	0,791*	-0,798*
Abr	0,833*	-0,257	-0,575*	-0,200	0,674*	-0,596*
Mai	0,646*	0,425*	-0,036	0,011	0,582*	-0,791*
Jun	0,694*	-0,147	0,108	0,155	0,406*	-0,739*
Jul	0,589*	0,141	-0,204	-0,115	0,648*	-0,713*
Ago	0,580*	-0,333	-0,439*	-0,440*	0,515*	-0,593*
Set	0,490*	-0,667*	-0,234	-0,109	0,335	-0,704*
Out	0,749*	-0,434*	-0,164	0,048	0,577*	-0,484*
Nov	0,679*	-0,191	-0,241	-0,364*	0,750*	-0,859*
Dez	0,788*	-0,295	-0,497*	-0,287	0,703*	-0,875*

* significativo a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

O indivíduo F11.8 foi o dentre todos os analisados o que apresentou maior crescimento nos meses de inverno (Figura 16), nesses meses o crescimento desse indivíduo foi superior ao apresentado nos meses de verão, isso indica que esse indivíduo tem alta resistência à baixas temperatura, sendo capaz de apresentar crescimento maior que o encontrado em condições ideais para os demais indivíduos (verão). Ainda que de maneira geral o crescimento desse indivíduo tenha sido maior nos meses de inverno, o mês em que o mesmo apresentou maior inclinação da curva de crescimento foi o mês de Janeiro, mês de verão, ao se analisar os coeficientes de correlações entre a inclinação da curva de crescimento mensal com as variáveis ambientais, identifica-se que apesar do crescimento neste mês ter sido superior aos demais meses do ano, o crescimento desse indivíduo foi prejudicado pela temperatura.

Brookhouse (2007) estudou a cronologia de *E. obliqua* e observou uma relação negativa entre temperatura e anéis de crescimento durante um verão. Este mesmo autor relata que resultados semelhantes têm sido observado freqüentemente em trabalhos realizados com outras espécies, porém não com eucalipto. Essa relação foi atribuída à exaustão do solo que resulta em uma maior evaporação e transpiração (CREGG; DOUGHERTY 1988; RICHTER *et al.* 1991; PAN *et al.* 1997; RUBINO; MCCARTHY 2000; Peterson *et al.* 2002).

A redução do crescimento radial do eucalipto durante o verão tem também sido atribuída a períodos de déficit de água no solo (HOPKINS 1966; ASHTON 1975).

Isso indica que se esse indivíduo (F11.8), o melhor indivíduo entre todos os analisados, fosse plantado em local com temperaturas iguais ou superiores, o crescimento do mesmo poderia ser prejudicado.

Ao analisar o comportamento dos demais indivíduos nesse mês, verifica-se na Tabela 1 do anexo, que os indivíduos F11.6, F11.9 e F24.2, apresentaram o mesmo comportamento que o indivíduo F11.8. Porém o indivíduo F11.6 apresentou seu maior crescimento em junho e o mês de janeiro foi seu segundo maior crescimento.

Pode-se concluir que apesar da temperatura ter apresentado correlação negativa com os indivíduos citados anteriormente, essa condição no mês de Janeiro não chegou a interferir no crescimento dos indivíduos, possivelmente tenha reduzido apenas seu potencial.

A menor inclinação da curva de crescimento mensal do indivíduo F11.8 foi no mês de novembro, segundo a análise do coeficiente de correlação, as variáveis ambientais relacionadas a esse menor crescimento são: umidade relativa do ar, tensão de água no solo à 60 cm, precipitação e horas de insolação.

Ao tentar relacionar esse baixo crescimento apresentado no mês de novembro ao crescimento apresentado no mês de agosto, mês esse em que as variáveis relacionadas ao crescimento foram as mesmas, porém no mês de agosto o indivíduo F11.8 apresentou inclinação da curva de crescimento significativamente maior (0,487) quando comparada à inclinação da curva de crescimento do mês de novembro (0,297), na Tabela 16, pode ser observado que apesar da tensão da água no solo à 60 cm ter sido menor do que no mês de agosto e a precipitação maior, o número de horas de insolação foi aproximadamente 3 horas a mais e a umidade relativa do ar foi de 70% enquanto que no mês de agosto foi 78%.

Isso indica que a interação entre essas variáveis ambientais, principalmente o número de horas de insolação e a tensão de água no solo à 60 cm podem causar significativa redução de crescimento nesse indivíduo. Esse mesmo comportamento de crescimento é verificado nos indivíduos F11.3 e F11.6 (Quadro 4 e Tabela 11 do anexo).

Com os resultados apresentados pela análise de árvore de decisão (Figura 18), é possível verificar que a variável ambiental que mais determinou o crescimento desse indivíduo em todo o ano de 2007 é o número de horas de insolação.

Na Figura 18 é apresentado o resultado da análise de árvore do indivíduo F11.8 com base nos valores de inclinação da curva de crescimento dos meses de janeiro à dezembro de 2007.

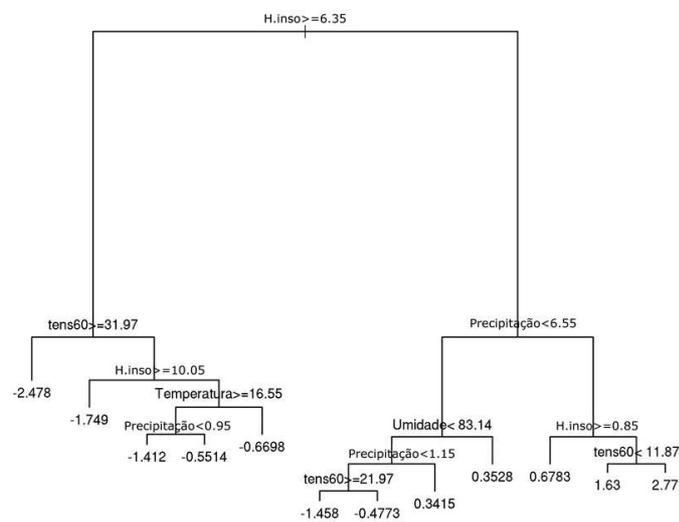


FIGURA 18 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 11.

FONTE: o autor (2008)

A análise de árvore apresenta informações sobre as variáveis que estão mais relacionadas aos resultados de crescimento apresentados pelo indivíduo ao longo do ano. Assim pode-se observar na folha da árvore que se encontra mais à direita que as maiores inclinações da curva de crescimento desse indivíduo estão relacionadas ao número de horas de insolação diária inferior à 6,35, precipitação diária maior que 6,55, sendo ainda mais restritivo, é necessário que o número de horas de insolação não ultrapasse 0,85 horas e a tensão de água no solo seja maior que 11,87 KPa.

Analisando a folha da árvore que representa a menor inclinação de crescimento, que se encontra mais à esquerda da Figura 9, verifica-se que o

crescimento do indivíduo F11.8 é comprometido em dias com mais do que 6,35 horas de insolação e com tensão de água no solo superior à 30,97 KPa.

O crescimento do indivíduo F11.8 não foi comprometido com a ocorrência de geadas (Figura 19), observa-se que a mediana da inclinação da curva de crescimento dos dias com ocorrência de geada é igual à de dias sem ocorrência de geada.

Na Figura 19 é apresentada a influência da geada no crescimento do indivíduo 8 da família 11, sendo que os dias onde não houveram a ocorrência de geada estão representados pelo número zero e os dias com ocorrência de geada estão representados pelo número um.

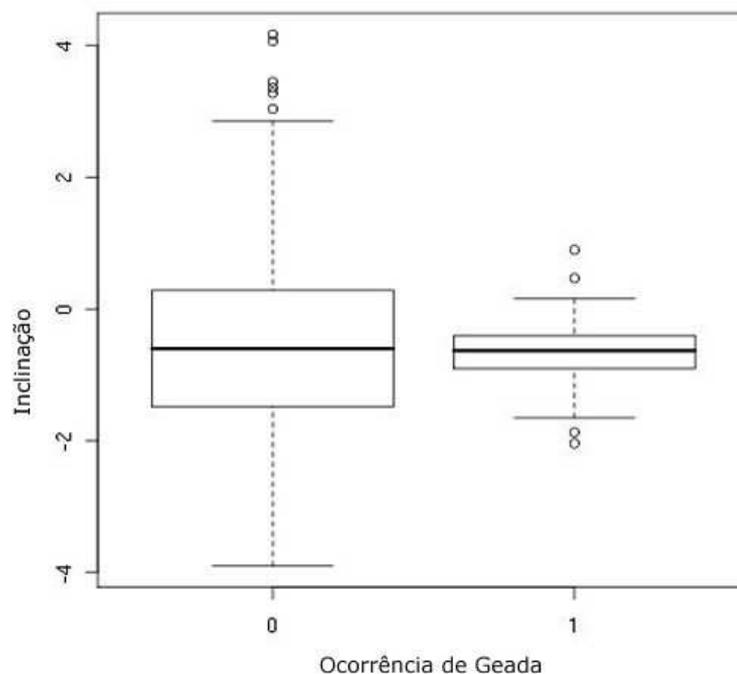


FIGURA 19 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 11.

FONTE: o autor (2008)

Esse resultado está de acordo com os valores de inclinação da curva de crescimento nos meses de inverno, que mostra que esse indivíduo apresenta o maior crescimento nesse período quando comparado aos demais, além de ser no inverno a estação em que ele apresentou o maior crescimento.

Conforme apresentado na Tabela 18 e na Figura 17, os indivíduos F11.8 e F11.1 apresentam uma grande variação de velocidade de crescimento, verifica-se

também que os meses de maior e menor inclinação da curva de crescimento desses indivíduos não são coincidentes.

Na Tabela 19, são apresentados os resultados dos coeficientes de correlações entre a inclinação da curva de crescimento mensal do indivíduo 1 da família 11 com as variáveis ambientais nos meses de janeiro à dezembro de 2007.

TABELA 19 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MENSAL DO INDIVÍDUO 1 DA FAMÍLIA 11 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007

MÊS	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
Jan	0,585*	-0,246	0,143	0,132	0,315	-0,710*
Fev	0,545*	-0,243	0,150	0,057	0,320	-0,629*
Mar	0,633*	-0,330	-0,072	-0,001	0,787*	-0,695*
Abr	0,703*	-0,147	-0,226	-0,155	0,671*	-0,653*
Mai	0,536*	0,418*	0,055	0,079	0,548*	-0,728*
Jun	0,426*	-0,009	0,031	-0,013	0,600*	-0,632*
Jul	0,413*	0,142	-0,013	0,084	0,448*	-0,653*
Ago	0,361*	-0,117	-0,316	-0,371*	0,506*	-0,568*
Set	0,324	-0,628*	-0,160	0,123	0,313	-0,650*
Out	0,575*	-0,376*	0,028	0,193	0,554*	-0,335
Nov	0,501*	-0,085	-0,129	-0,211	0,691*	-0,734*
Dez	0,312	-0,106	-0,028	0,026	0,475*	-0,512*

* significativo a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

O número de horas de insolação foi a principal variável que contribuiu para que o indivíduo F11.1 apresentasse seu maior desenvolvimento anual no mês de outubro. No entanto, o número de horas de insolação não apresentou correlação com a inclinação da curva de crescimento mensal desse indivíduo, nesse mês. Verifica-se na Tabela 11 do anexo, que esse foi o único indivíduo não afetado pelo número de horas de insolação nesse mês, mesmo quando comparado aos indivíduos da família 24. A análise dos resultados apresentados na Tabela 19 evidencia que esse foi o único mês em todo o ano de 2007, que essa variável ambiental não está correlacionada negativamente com a inclinação da curva de crescimento do indivíduo F11.1.

O indivíduo F11.1 apresentou o menor desenvolvimento no mês de dezembro, sendo o único indivíduo a apresentar esse comportamento nesse mês (Figura 16) e também foi o único a não apresentar correlação positiva com a umidade relativa do ar, o que indica ser essa a variável ambiental que interferiu no

desenvolvimento, pois normalmente é nos meses de verão que as plantas apresentam um maior crescimento. Isso indica uma variação na velocidade de crescimento entre os indivíduos quanto à resposta às variações das condições ambientais.

Na Figura 20 é apresentado o resultado da análise de árvore do indivíduo F11.1 com base nos valores de inclinação da curva de crescimento dos meses de Janeiro à Dezembro de 2007 e dos valores das variáveis ambientais

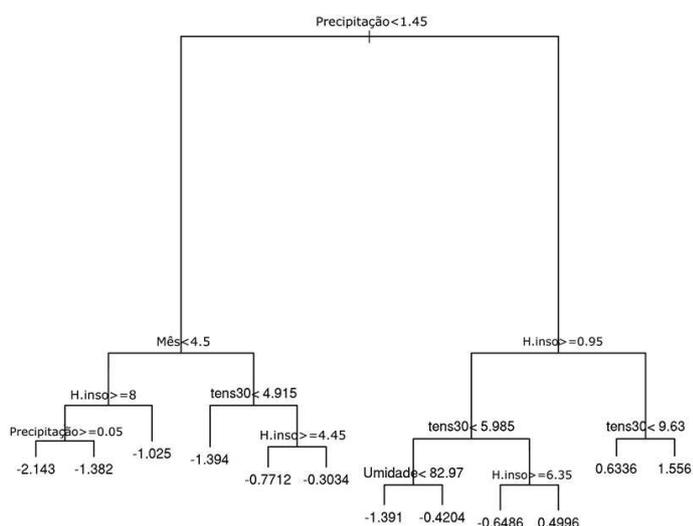


FIGURA 20 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 1 DA FAMÍLIA 11.

FONTE: o autor (2008)

A precipitação foi o fator de maior influência na inclinação da curva de crescimento do indivíduo F11.1 é, também, a mesma apresentada pela inclinação da curva de crescimento médio anual da família 11. Os resultados da análise de árvore dos demais indivíduos dessa família (Figuras 2 a 11 em anexo), indicam, que, com exceção dos indivíduos F11.2, F11.6 e F11.8, os demais indivíduos avaliados também apresentam a precipitação como sendo a principal variável ambiental relacionada ao crescimento.

A maior inclinação da curva de crescimento diária apresentada por esse indivíduo foi 1,556 e as variáveis mais relacionadas a esse crescimento são as mesmas encontradas na avaliação da maior inclinação da curva de crescimento médio diário da família 11. O que significa que, nesse caso, esse indivíduo responde da mesma forma que a maioria dos indivíduos da família 11, diferentemente do apresentado pelo indivíduo F11.8.

A influência dos dias de geada na inclinação da curva de crescimento do indivíduo 1 da família 11 é apresentada na Figura 21, sendo os dias sem ocorrência de geadas representados pelo número zero e os dias com ocorrência de geada representados pelo número um.

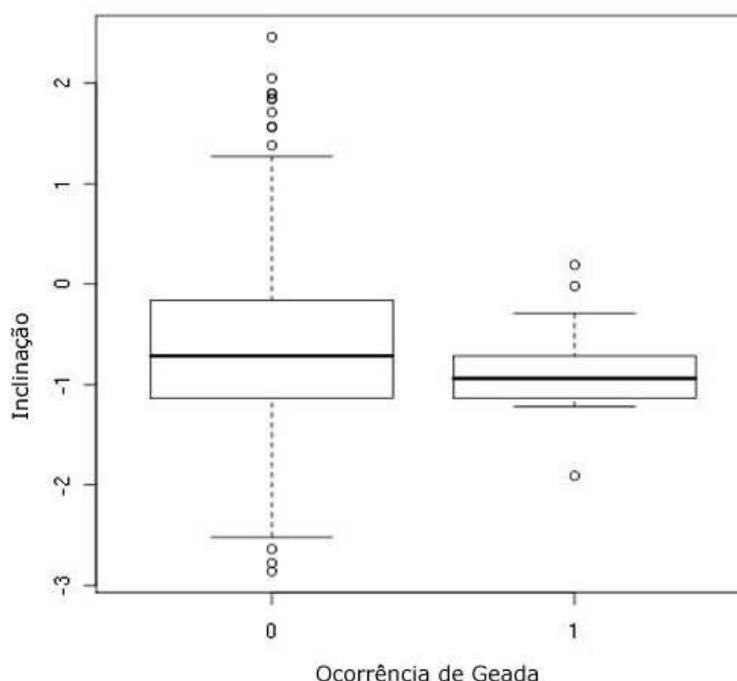


FIGURA 21 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVIDUO 1 DA FAMÍLIA 11.

FONTE: o autor (2008)

Os valores das medianas apresentados na Figura 21, apesar de não serem iguais como os apresentados na Figura 20, referente ao indivíduo F11.8, também não são considerados diferentes, o que significa que a geada também não teve efeito no desenvolvimento do indivíduo F11.1.

Porém os diferenciais de inclinação das curvas de crescimento apresentados na Tabela 18 mostra que é no mês de junho que existe uma maior diferença de inclinação da curva de crescimento entre os indivíduos F11.8 e F11.1. Como discutido anteriormente, os valores inclinação da curva de crescimento desses dois indivíduos nesse mês indicam que o crescimento do indivíduo F11.8 é menos afetado pelas mudanças nas condições ambientais ocorridas no mês de junho do que o indivíduo F11.1.

Ao analisar as variáveis ambientais que podem estar determinando essa grande diferença (0,515), observa-se que as variáveis ambientais que apresentam correlação com a inclinação da curva de crescimento nesse mês são: umidade relativa do ar, precipitação e horas de insolação, para ambos os indivíduos.

As informações referentes a essas variáveis ambientais apresentadas na Tabela 19, mostra que tanto a umidade relativa do ar como o número de horas de insolação isoladamente não causariam tamanha redução no crescimento do indivíduo F11.1, mas a análise do volume de água precipitado nesse mês (9,9 mm) e o fato de que houve cinco dias com ocorrência de geada, indicam que, apesar das informações apresentadas na Figura 21, conclui-se que o indivíduo F11.8 é mais resistente à geada e consegue ter maior aproveitamento de água quando comparado ao indivíduo F11.1.

Da mesma forma que o apresentado pela família 11, os indivíduos da família 24 também apresentam diferenças de velocidade de crescimento entre eles. Na Figura 22, é apresentado o incremento radial dos dez indivíduos da família 24 e os dados de condições ambientais do local do testes de progênies ao longo do ano de 2007.

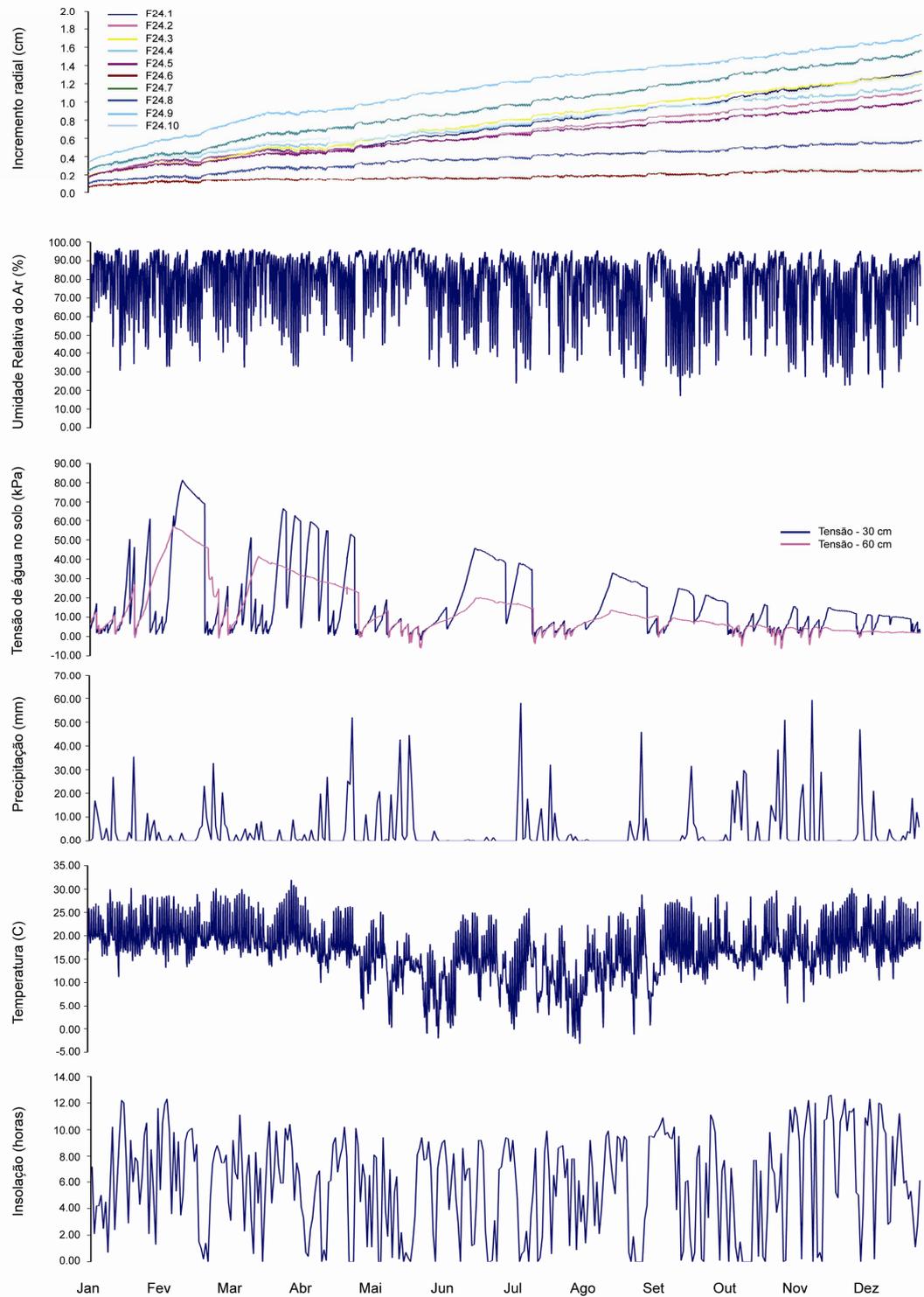


FIGURA 22 – INCREMENTO RADIAL DAS ÁRVORES DA FAMÍLIA F24, UMIDADE RELATIVA DO AR, TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO A 30 E 60 CM, PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E INSOLAÇÃO DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007.

FONTE: o autor (2008)

O principal motivo da inclinação da curva de crescimento médio mensal e anual da família 24 ser inferior ao da família 11 é a maior diferença de velocidade de crescimento existente entre os indivíduos dessa família quando comparados aos indivíduos da família 11 e o fato de que seis entre os dez indivíduos dessa família apresentaram um incremento radial anual entre 0,8 e 1,2 cm (Figura 22), enquanto que seis dos dez indivíduos da família 11 apresentaram incremento radial anual entre 1,4 e 1,8 cm (Figura 11). Porém os indivíduos F24.9 e F24.7 apresentaram incremento radial anual semelhante à esses indivíduos da família 11.

A fim de compreender a influência das condições ambientais que podem estar relacionadas a essa diferença de velocidade de crescimento apresentada pelos indivíduos da mesma família, optou-se por analisar o indivíduo de maior incremento radial anual (F24.9) e o indivíduo de menor incremento radial anual (F24.6).

Na Tabela 20 são apresentados os valores da inclinação da curva de crescimento desses indivíduos dos meses de janeiro a dezembro de 2007 e o diferencial de inclinação das curvas de crescimento.

TABELA 20 – INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA F24 DOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007 E O DIFERENCIAL DE INCLINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO

MÊS	Inclinação da Curva de Crescimento		Dif. de inclinação F24.9 - F24.6
	F24.9	F24.6	
Janeiro	0,751	0,180	0,571
Fevereiro	0,655	0,083	0,572
Março	0,408	0,013	0,395
Abril	0,326	0,029	0,297
Maio	0,477	0,036	0,441
Junho	0,430	0,037	0,393
Julho	0,317	0,080	0,237
Agosto	0,239	0,065	0,174
Setembro	0,137	-0,007	0,144
Outubro	0,320	0,158	0,162
Novembro	0,323	-0,020	0,343
Dezembro	0,385	0,018	0,367
Média anual	0,397	0,056	0,341

Dif. de inclinação F24.9 - F24.6 = Diferencial de inclinação das curvas de crescimento entre os indivíduos F24.9 e o F 24.6

FONTE: o autor (2008)

Com os valores apresentados na Tabela 20 é possível notar a magnitude da diferença existente entre o crescimento do indivíduo F24.9 e do indivíduo F24.6 no ano de 2007. Pode-se observar que a diferença da inclinação da curva de crescimento mensal em todos os meses do ano de 2007 é maior que a inclinação da curva de crescimento médio anual do indivíduo F24.6. Apenas no mês de janeiro a inclinação da curva de crescimento desse indivíduo é superior à menor diferença de inclinação da curva de crescimento observada durante todos os meses do ano de 2007.

Em comparação, apenas no mês de setembro a inclinação da curva de crescimento mensal do indivíduo F24.9 é inferior ao menor diferencial de inclinação da curva de crescimento existente entre os indivíduos F24.9 e F24.6 apresentada também no mês de setembro.

Os meses em que o indivíduo F24.9 apresentou a maior e a menor inclinação da curva de crescimento coincide com os meses apresentados pelos valores de inclinação da curva de crescimento médio mensal dos indivíduos dessa família, sendo eles, o de maior inclinação da curva de crescimento janeiro e o de menor setembro. O indivíduo F24.6 apresentou a maior inclinação da curva de crescimento mensal também no mês de janeiro, porém o mês em que o mesmo apresentou a menor inclinação da curva de crescimento foi novembro.

Quando se analisa os meses em que esses indivíduos apresentam maior e menor diferencial da curva de crescimento mensal, verifica-se que novamente o mês de setembro é o mês que apresentou o menor diferencial entre os indivíduos. Observa-se na Tabela 20 que o mês em que os indivíduos apresentaram o maior diferencial de inclinação da curva de crescimento foi o mês de novembro (0,572), porém o valor do diferencial no mês de janeiro é praticamente o mesmo (0,571).

Na tentativa de compreender melhor a influência das variáveis ambientais: umidade relativa do ar, temperatura, tensão de água no solo a 30 e 60 cm de profundidade, precipitação e horas de insolação na inclinação da curva de crescimento mensal do indivíduo F24.9, foram determinadas os coeficientes de correlações entre essas variáveis ambientais e a inclinação da curva de crescimento mensal. Os resultados são apresentados na Tabela 21.

TABELA 21 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MENSAL DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007

MÊS	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
Jan	0,710*	-0,309	0,052	0,040	0,454*	-0,770*
Fev	0,797*	-0,204	-0,206	-0,144	0,479*	-0,821*
Mar	0,764*	-0,383*	-0,379*	-0,233	0,787*	-0,753*
Abr	0,823*	-0,156	-0,393*	-0,112	0,690*	-0,658*
Mai	0,669*	0,454*	-0,094	-0,035	0,611*	-0,822*
Jun	0,588*	-0,067	0,113	0,084	0,479*	-0,725*
Jul	0,515*	0,110	-0,160	-0,058	0,628*	-0,744*
Ago	0,529*	-0,338	-0,425*	-0,417*	0,538*	-0,606*
Set	0,488*	-0,696*	-0,285	-0,074	0,360	-0,679*
Out	0,753*	-0,444*	-0,168	0,061	0,588*	-0,482*
Nov	0,639*	-0,165	-0,193	-0,309	0,734*	-0,839*
Dez	0,732*	-0,237	-0,391*	-0,220	0,640*	-0,851*

* significativo a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

Com base nos resultados da inclinação das curvas de crescimento mensais do indivíduo F24.9 discutidos anteriormente, será dado ênfase nos meses de maior e menor inclinação das curvas de crescimento. Sendo assim, analisando a relação existente entre as variáveis ambientais e a inclinação da curva de crescimento do mês de janeiro, mês de maior crescimento desse indivíduo (Tabela 21), observa-se que as variáveis ambientais que possuem forte relação com a inclinação da curva de crescimento nesse mês são: umidade relativa do ar, precipitação e horas de insolação. Sendo que o número de horas de insolação teve influência negativa no desenvolvimento do indivíduo.

De acordo com os resultados da análise de árvore apresentado na Figura 23, constata-se as variáveis destacadas acima como de maior relação com a inclinação de crescimento apresentada no mês de janeiro, mas também está relacionada com os dias de maior inclinação da curva de crescimento desse indivíduo ao longo do ano de 2007. Isso pode ser verificado na folha mais à direita da análise de árvore, onde a inclinação da curva de crescimento diário médio atinge 2,16 e uma das explicações para tal crescimento é a precipitação diária superior à 1,05 mm, números de horas de insolação menor que 0,65 horas e umidade relativa do ar inferior à 84,3% assim, esse indivíduo alcançou as maiores inclinações na curva de crescimento em todo o ano.

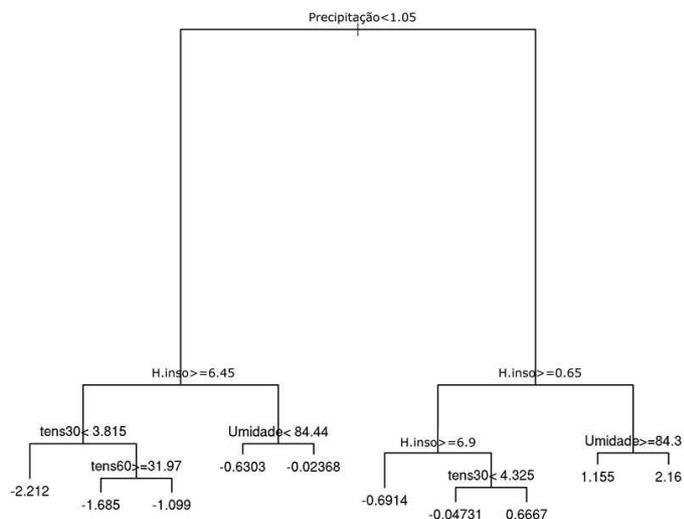


FIGURA 23 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 24.

FONTE: o autor (2008)

As variáveis relacionadas ao mês em que o indivíduo F24.9 apresentou a menor inclinação da curva de crescimento, coincide com os dias em que a média do crescimento desse indivíduo foi de $-0,6303$, onde esse crescimento foi influenciado pela precipitação menor que $1,05$ mm, o número de horas de insolação no dia foi superior a $6,45$ horas e a umidade relativa do ar foi menor que $84,44\%$, como apresentado na Figura 23.

Os valores de correlações entre a inclinação da curva de crescimento mensal no mês de novembro mostram que diferentemente dos demais meses do ano, nesse mês a precipitação não apresentou relação com o crescimento desse indivíduo. Podemos verificar nos resultados apresentados na Figura 23 que a precipitação é a variável ambiental que possui maior efeito no desenvolvimento do indivíduo F24.9. Outro fator importante a ser considerado é o aumento da temperatura nesse mês, esse fato interferiu negativamente no crescimento desse indivíduo, como mostra os resultados da Tabela 21.

Na Figura 24 é apresentada a mediana da inclinação da curva de crescimento do indivíduo F24.9, nos dias sem ocorrência de geada, representado pelo número zero, e nos dias com ocorrência de geada, representado pelo número 1.

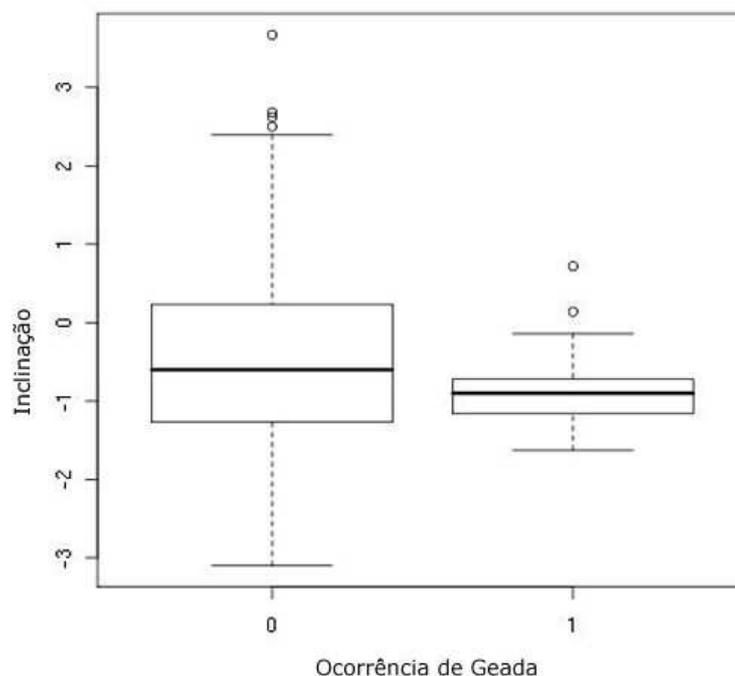


FIGURA 24 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 24.

FONTE: o autor (2008)

A Figura 24 mostra que o crescimento do indivíduo F24.9 não é afetado pela ocorrência de geadas, verifica-se que os valores das medianas são bastante próximos.

Após a análise das influências das condições ambientais na inclinação da curva de crescimento do indivíduo da família 24, que apresentou o maior incremento radial anual, será analisado os resultados de correlações entre as variáveis ambientais e a inclinação da curva de crescimento do indivíduo F24.6, indivíduo de menor incremento radial anual dessa família no ano de 2007 (Tabela 22).

TABELA 22 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MENSAL DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS MESES DE JANEIRO À DEZEMBRO DE 2007

MÊS	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
Jan	0,621*	-0,224	0,141	0,068	0,341	-0,734*
Fev	0,707*	-0,126	-0,052	-0,130	0,425*	-0,721*
Mar	0,660*	-0,367*	-0,114	-0,060	0,769*	-0,708*
Abr	0,624*	-0,106	-0,183	-0,120	0,652*	-0,613*
Mai	0,581*	0,389*	-0,038	0,0148	0,557*	-0,791*
Jun	0,405*	0,0242	0,048	0,029	0,613*	-0,657*
Jul	0,486*	0,122	-0,129	-0,054	0,481*	-0,751*
Ago	0,350	-0,145	-0,323	-0,311	0,431*	-0,596*
Set	0,355	-0,664*	-0,149	0,043	0,378	-0,634*
Out	0,716*	-0,276*	-0,136	0,045	0,554*	-0,482*
Nov	0,642*	-0,152	-0,224	-0,309	0,731*	-0,840*
Dez	0,597*	-0,270	-0,235	-0,106	0,506*	-0,700*

* significativo a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

Conforme apresentado anteriormente, o mês em que esse indivíduo apresentou a maior inclinação da curva de crescimento foi o mês de Janeiro, e o mês em que essa inclinação foi menor durante o ano de 2007 foi novembro. Assim ao se analisar os resultados apresentados na Tabela 22 pode-se verificar que o volume de água precipitado no mês de Janeiro não foi suficiente para apresentar relação com o crescimento desse indivíduo, porém apesar dessa situação o crescimento ainda foi superior quando comparado aos demais meses do ano. Analisando os valores apresentados na Tabela 16, pode-se verificar que a precipitação mensal do mês de Janeiro foi superior à média da precipitação anual para o local do teste (132,12 mm), o que significa ser necessário avaliar os valores apresentados pelas demais variáveis ambientais nesse mês.

Como a precipitação, a temperatura e a tensão de água no solo a 30 e 60 cm de profundidade não apresentaram correlação com a inclinação da curva de crescimento, entretanto a umidade relativa do ar apresentou relação positiva com o crescimento, mas o número de horas de insolação interferiu negativamente. Apesar das condições ambientais não serem as ideais para o crescimento do indivíduo, a análise dos dados evidencia que o mesmo não estava em condições de estresse nesse mês, o que pode ter contribuído para que atingisse tal crescimento.

No mês de setembro, o número de horas de insolação atingiu o maior patamar (239,7 horas), esse fato juntamente com a interação do mesmo nas demais variáveis podem estar relacionados com a menor inclinação de crescimento apresentado pelo indivíduo F24.6 no mês de novembro.

Na Figura 25 são apresentados os resultados da análise de árvore baseado nos valores das inclinações da curva de crescimento diário do indivíduo F24.6 e das variáveis ambientais

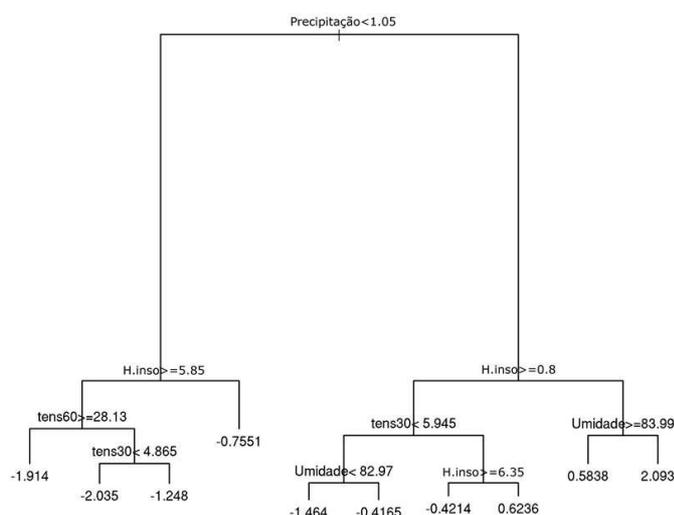


FIGURA 25 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 24.

FONTE: o autor (2008)

Com base nesses resultados apresentados acima, verifica-se que a variável de maior importância para o crescimento desse indivíduo é a precipitação, essa variável possui uma grande influência na determinação do crescimento quando comparada às demais variáveis estudadas. A segunda variável de maior importância, porém com menor influência é o número de horas de insolação, que quanto maior menor é o crescimento do indivíduo. Depois começam a influenciar as variáveis dependentes da precipitação, umidade relativa do ar e a tensão de água no solo nas diferentes profundidades.

Quando se analisa a influência da geada na inclinação da curva de crescimento, conforme apresentado na Figura 26.

É possível observar que a mediana dos dias com ocorrência de geada está no limite inferior dos valores de inclinação da curva de crescimento apresentados nos dias sem ocorrência de geada. Isso significa que apesar dos dados mostrarem que esse indivíduo não apresenta diferença de crescimento entre os dias com e sem ocorrência de geadas, nota-se que os valores de inclinação da curva de crescimento são menores nos dias em que há ocorrência de geada.

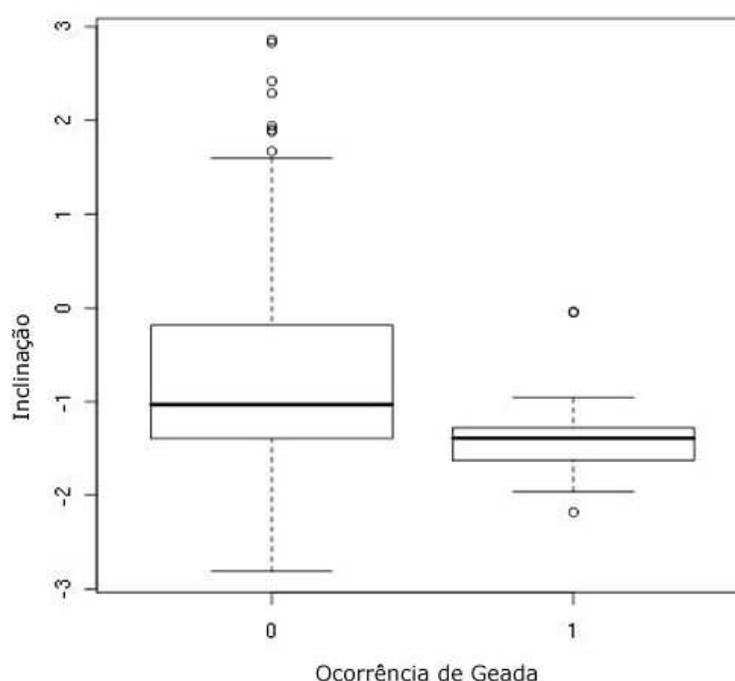


FIGURA 26 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 24.

FONTE: o autor (2008)

Ao observar as Figuras 23 a 44 em anexo, referentes à influência da geada no crescimento de cada indivíduo analisado observa-se que entre os vinte indivíduos é o indivíduo F24.6 o que apresenta a maior diferença da mediana dos dias com ocorrência de geada quando comparados aos dias sem ocorrência de geada, o que indica que esse é o indivíduo testado que apresenta menor resistência à geada.

Conforme já observado nas Figuras 11, 17 e 22, que o período de crescimento médio dos indivíduos de cada família, como também os valores

individuais de cada um são semelhantes, o que difere é a taxa de crescimento apresentado por cada família e indivíduo.

Na Figura 27 observa-se a inclinação da curva de crescimento médio de cada família nas diferentes estações do ano, como também o somatório da inclinação da curva de crescimento no período de avaliação.

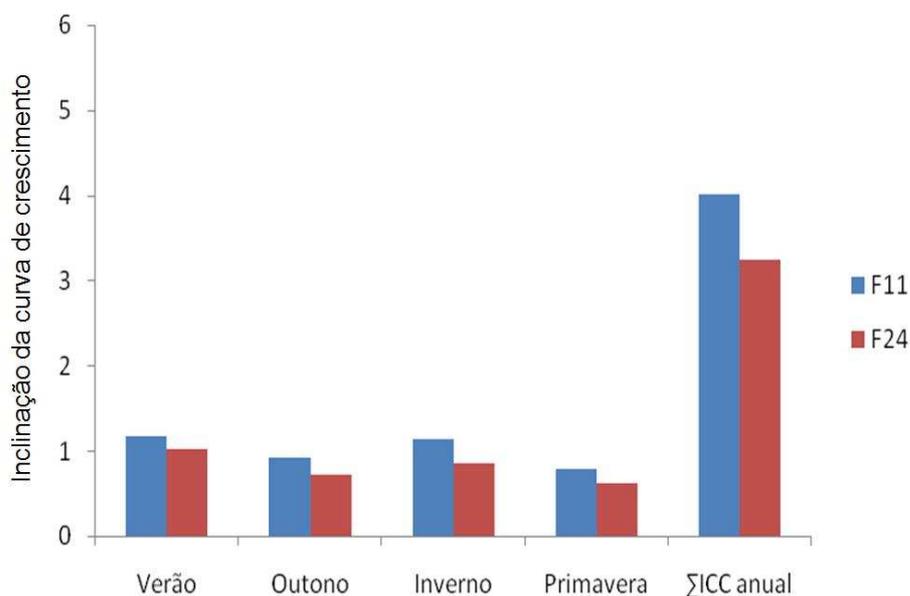


FIGURA 27 – INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO MÉDIO DAS FAMÍLIAS 11 E 24 DURANTE O ANO DE 2007, NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO E O SOMATÓRIO DOS VALORES DA INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO ANUAL.

FONTE: o autor (2008)

Verifica-se que o padrão de crescimento médio das famílias é o mesmo em cada uma das estações do ano, porém a média da inclinação da curva de crescimento da família 11 é igual no período do verão e inverno, já a média da inclinação da curva de crescimento da família 24 é um pouco maior no verão quando comparado ao inverno. Em todas as estações do ano a família 11 apresentou maior crescimento.

A Figura 28 apresenta o crescimento dos indivíduos de maior e menor crescimento de cada família em cada estação do ano e o somatório desse período.

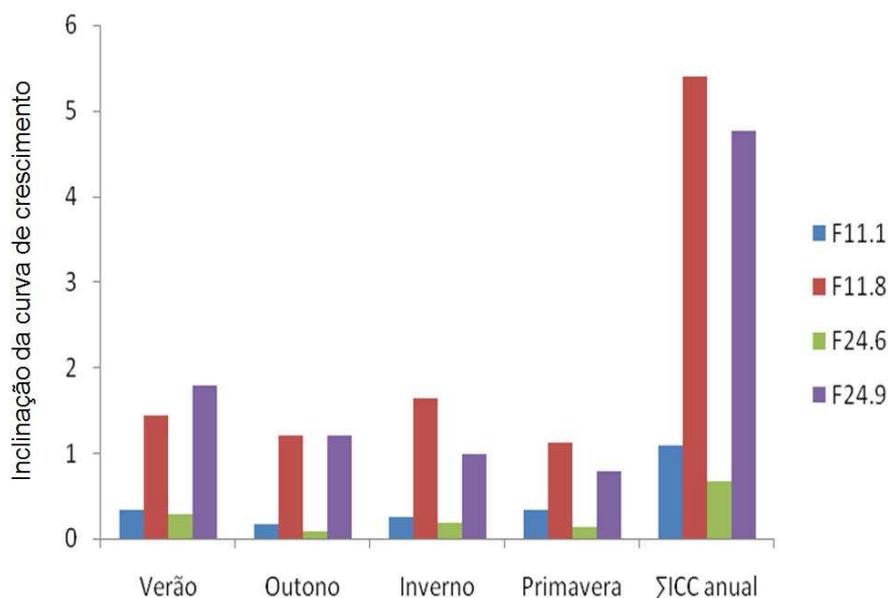


FIGURA 28 – INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DE MAIOR E MENOR INCREMENTO RADIAL DAS FAMÍLIAS 11 E 24 DURANTE O ANO DE 2007, NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO E O SOMATÓRIO DOS VALORES DA INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO ANUAL.

FONTE: o autor (2008)

Ao analisar os valores de inclinação da curva de crescimento dos indivíduos de maior e menor incremento radial anual das duas famílias durante as diferentes estações do ano, observa-se na Figura 28 que a inclinação da curva de crescimento do indivíduo F24.9 no verão foi superior à inclinação da curva de crescimento do indivíduo F11.8, porém de acordo com os resultados apresentados nessa mesma figura, no inverno e na primavera o indivíduo F11.8 apresentou valores de inclinação da curva de crescimento superiores aos apresentados pelo indivíduo F24.9.

Isso indica que mesmo que os resultados de crescimento em dias com ocorrência de geada mostrem que o crescimento de todos os indivíduos das duas famílias avaliadas não é afetado pela geada, entre os indivíduos avaliados existem alguns que apresentam melhor desempenho na estação de inverno e outros com melhor desempenho na estação de verão.

Segundo Assis (comunicação pessoal), no inverno é possível observar em plantios de *Eucalyptus sp.* localizados na Região Sul do Brasil, que os indivíduos reduzem seu crescimento em altura, mas o crescimento em diâmetro em alguns casos podem ser maiores do que o crescimento observado nas demais estações do ano.

2.5 CONCLUSÃO

A precipitação e número de horas de insolação são os principais fatores ambientais que afetam o crescimento. A ocorrência de geadas não afeta o crescimento.

O verão e o inverno são as estações do ano em que as famílias apresentam o maior crescimento e agosto e setembro são os meses em que as famílias diferem significativamente no crescimento.

A diferença observada nas taxas de crescimento das duas famílias deve-se ao fato que a maioria dos indivíduos da família 11 apresenta maior crescimento dentro da amplitude de crescimento da família e a maioria dos indivíduos da família 24 apresentam crescimento mediano em relação à amplitude da mesma.

A diferença entre indivíduos com maior e menor taxa de crescimento na família 11 é observada no inverno. Na família 24 não se observa o efeito das estações do ano. As seleções baseadas no crescimento nas diferentes estações do ano resultam na escolha de diferentes indivíduos indicando, portanto, que os indivíduos selecionados para plantio em locais mais frios são diferentes dos indivíduos selecionados para locais mais quentes.

A taxa de crescimento do melhor indivíduo da família 24 (família entre as de pior crescimento do teste) é semelhante à taxa de crescimento dos melhores indivíduos da família 11 (família de melhor crescimento do teste), isso significa que a seleção de indivíduos para clonagem, não deve ser baseada nos resultados de seleção entre e dentro de família, mas em resultados de testes clonais.

3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS DE INDICADORES DE TENSÃO DE CRESCIMENTO EM PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET CABBAGE

3.1 INTRODUÇÃO

O interesse pela utilização da madeira de espécies do gênero *Eucalyptus*, como matéria prima na indústria madeireira, tem aumentado de maneira significativamente. Entretanto, apesar de representar uma alternativa potencial no abastecimento desse tipo de indústria, a madeira da maioria das espécies de *Eucalyptus* apresenta problemas técnicos próprios do uso de árvores jovens, sobretudo as tensões de crescimento, que são responsáveis pela maior parte das perdas verificadas durante o processamento industrial (ASSIS, 2001).

Segundo Jankovsky (1995), as rachaduras associadas com essas tensões de crescimento e os defeitos de secagem trazem como resultado perdas significativas de madeira durante o processamento industrial. Este aspecto tem sido considerado como um dos principais entraves à utilização econômica de espécies de *Eucalyptus*.

Além do emprego de técnicas adequadas de manejo e de processamento da madeira, a solução ou minimização desses problemas deverá ser conseguida mediante o desenvolvimento de programas de melhoramento genético especialmente desenhado para este fim, solução essa que é bem aceita por Lelles e Silva (1997); Vital e Trugilho (1997); Ponce (1997) e por Hillis (2000).

Para o desenvolvimento de um programa de melhoramento genético que atenda o objetivo de reduzir a tensão de crescimento é necessário que se tenha bastante clareza sobre os seguintes aspectos: natureza e origem da tensão de crescimento; de que forma de distribuição na árvore; conseqüências e quantificação.

Segundo Santos (2002), após décadas de investigações conduzidas em diversos países e com diversas espécies, hoje se aceita de forma ampla que as tensões são geradas como conseqüência do processo de crescimento e tem sua

origem na zona cambial, durante a maturação da parede celular das fibras da madeira.

As fibras, células do xilema têm uma diminuta contração longitudinal logo após a divisão celular. Essas contrações fazem com que as novas camadas de células estejam em condição de tensão de tração. Estas tensões nas partes mais externas dos fustes fazem o papel de armadura de aço nas colunas de concreto, sendo fundamentais para que os fustes das árvores não se quebrem facilmente quando submetidas a ventos ou outros esforços laterais. O fuste das folhosas apresenta então a parte externa em tensão, e como consequência, a parte interna em compressão. A tensão de compressão na parte interna pode ser tão alta que ultrapassa a tensão de ruptura, surgindo então, as fraturas de compressão nas regiões centrais dos fustes. As consequências das tensões de crescimento são: tendência ao rachamento radial nas toras e nas peças diametrais durante o desdobro e encurvamento das peças desdobradas. O encurvamento se dá de tal modo que faces ou arestas côncavas são sempre dos anéis mais externos da peça (PONCE, 1995).

As tensões de crescimento longitudinais são parcialmente liberadas quando a árvore é derrubada e traçada em toras. O traçamento causa principalmente a redistribuição e transformações das tensões longitudinais em tensões transversais e tensões de cisalhamento. Essa liberação é exponencialmente decrescente, até a distância de 1,3 vezes o diâmetro da extremidade da tora. As variações observadas experimentalmente em relação a esse valor podem ter sido causadas por variação das constantes elásticas, especialmente as transversais (WILHELMY; KUBLER, 1973).

Segundo Schacht (1998), quando uma pressão é aplicada sobre uma madeira, produz-se uma deformação que é medida pela variação dimensional. A deformação é proporcional à tensão (até o limite de elasticidade), sendo que a razão entre a tensão e a deformação é expressa como módulo de elasticidade, e é considerada característica da espécie. A tensão, que pode ser de tração ou compressão, é calculada como a pressão, ou seja, uma força aplicada sobre uma área.

Segundo Garcia (1995), dada a impossibilidade de medir a tensão de crescimento diretamente, ela é determinada como sendo o produto da deformação pelo módulo de elasticidade.

Outra maneira de avaliar as conseqüências das tensões de crescimento é através do empenamento da madeira serrada por meio da medição da flecha que a mesma forma no sentido longitudinal da árvore, constituindo um importante indicador de seleção de árvores para serraria (GARCIA, 1995).

Segundo Garcia (2005), o empenamento é um defeito genérico atribuído a uma peça fletida, mas, no que se refere à sua origem e à forma de utilização da peça serrada empenada, é importante especificá-lo mais corretamente em encurvamento e arqueamento, conforme a NBR 94987 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 1986). O encurvamento se dá num plano que contém o eixo da peça e é perpendicular à sua maior face serrada e o arqueamento ocorre num plano também coincidente com o eixo da peça, mas paralelo a face. Pode-se dizer do ponto de vista estrutural, que o encurvamento oriundo do giro da seção transversal da peça em relação ao seu eixo de menor inércia e o arqueamento, segundo o eixo de maior inércia. Dessa forma, não é difícil recuperar o encurvamento, mas é quase sempre impossível recuperar o arqueamento (GARCIA, 2005). Segundo esse mesmo autor pode-se trabalhar também com a resultante vetorial dos valores de encurvamento e arqueamento.

O nível de tensão de crescimento pode então ser avaliado pelo empenamento, arqueamento e a resultante vetorial desses valores, para se determinar a magnitude da flecha de uma peça Schacht (1998) e Crêspo (2000) avaliaram a flecha da costaneira e da viga da costaneira. Os resultados mostram que existiam tensões residuais na costaneira que se manifestaram no processamento mecânico secundário de obtenção da viga da costaneira.

Segundo Garcia (2005), embora seja visível uma boa correlação entre a flecha da costaneira e a flecha da viga da costaneira, pode-se dizer que essa última é mais pura porque está mais desconfinada dada a maior supressão de tesões que ocorreu na sua obtenção. Assim, está menos sujeita a erros conseqüentes das dimensões imprecisas da costaneira que depende majoritariamente do diâmetro.

O autor ressalta que dimensões não condizentes da seção transversal da costaneira podem mascarar a real expressão da tensão de crescimento que existia na árvore e/ou a residual da tora, depreendendo-se, portanto, a necessidade de tornar os indicadores mais puros, ou seja, não dependentes de dimensões ou posições dentro da tora (GARCIA, 2005).

Segundo Assis (2001), ao se desenvolverem programas de melhoramento genético para determinada finalidade, é fundamentalmente importante conhecer os níveis de variabilidade nas características de interesse e a magnitude do controle genético envolvido na sua expressão. Se existe variabilidade e, principalmente, se a participação de componentes genéticos na manifestação das características for alta, pode-se prever que o melhoramento genético das características sob seleção é possível.

Um outro fator a ser avaliado são as rachaduras de toras e tábuas, pois segundo Malan (1979), no processamento de madeira de espécies de eucalipto, o rachamento das toras antes e durante o seu desdobro é a principal responsável pelos baixos rendimentos em madeira serrada. Os altos níveis de tensão de crescimento em madeiras de eucaliptos são, sem dúvida nenhuma, sérios fenômenos que afetam a qualidade da madeira, as dimensões do produto e o rendimento em madeira serrada.

As variações que ocorrem entre espécies de eucalipto são as mais comuns, de maior magnitude e também mais fáceis de serem percebidas. A escolha da espécie mais adequada é ponto fundamental na produção de madeira com qualidade. Variações entre as procedências, ou origens das sementes de uma mesma espécie também podem ser significativas, tanto em adaptação e crescimento quanto nas propriedades tecnológicas da madeira. A exploração dessa variabilidade pode resultar em benefícios à qualidade da madeira produzida (ASSIS, 2001).

Variações quanto às rachaduras têm sido verificadas na prática, tanto em nível de espécies quanto de procedências e de indivíduos. Hillis e Brown (1978) observaram a existência de variações expressivas para rachadura entre árvores de várias espécies na Austrália. O mais importante é que a participação de fatores genéticos na expressão dessa característica explica a maior parte das variações observadas, indicando que a seleção pode, efetivamente, produzir alterações positivas no sentido de redução das rachaduras em madeiras e tábuas de *Eucalyptus*.

Embora exista forte controle genético na expressão da característica rachadura de topo e de tábuas, o aprimoramento das tecnologias de abate, processamento e secagem de eucalipto, pode contribuir de maneira significativa na viabilização da madeira desse gênero para uso na indústria madeireira (ASSIS, 2001).

3.2 OBJETIVO

Estimar os parâmetros genéticos para variáveis indicadoras de tensão de crescimento de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus benthamii*, plantado em Chapecó – SC.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 MATERIAL GENÉTICO

A determinação dos valores dos indicadores de tensão de crescimento foi realizada em, aproximadamente, cinco árvores desbastadas em cada parcela, em todos os blocos de um teste de progênies de *Eucalyptus benthamii* instalado no município de Chapecó – SC.

No desbaste realizado em janeiro de 2007, foram mantidas apenas duas das sete árvores plantadas em cada parcela. As árvores mantidas apresentavam o maior e o terceiro maior valor genético estimado pela análise dos dados de crescimento (DAP).

3.3.2 COLETA DE DADOS

Foi retirada a primeira tora, com 3 m de comprimento de cada árvore para avaliação. Imediatamente após o corte, os topos das toras foram devidamente identificados e vedados com sacos plásticos umedecidos para retardar as rachaduras de secagem (Figura 29), e assim conservadas até o momento do desdobro. O uso do plástico permitiu que as avaliações fossem feitas com grande precisão, pois foi possível isolar os efeitos das rachaduras por secagem em função da eficiência apresentada pelo método de isolamento.



FIGURA 29 – VEDAÇÃO DOS TOPOS DAS TORAS LOGO APÓS O CORTE
 FONTE: o autor (2007)

O desdobro das toras foi realizado com uma serra fita simples da Serraria do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, em Piracicaba - SP. O primeiro corte foi feito aproximadamente paralelo à casca, como mostra a Figura 30, de modo a produzir uma costaneira de 3 cm sem casca, e segundo o plano de menor curvatura da tora para evitar-se o efeito da tortuosidade no valor de seu empenamento (DINWOODIE, 1966).

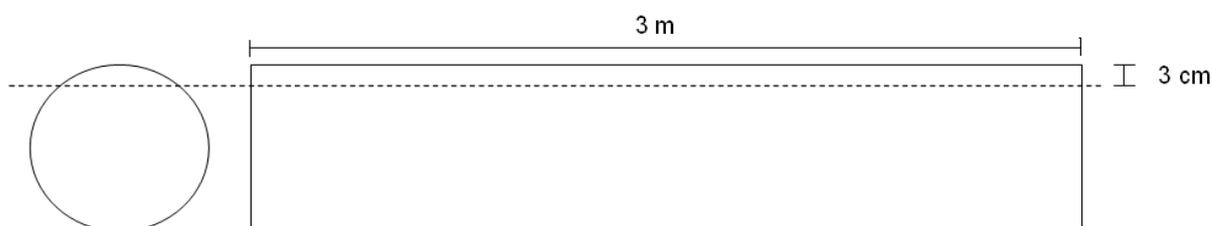


FIGURA 30- PROCESSO DE OBTENÇÃO DA COSTANEIRA
 FONTE: Garcia (2005)

Imediatamente após a obtenção, cada costaneira foi processada numa serra circular dupla, de maneira a produzir uma peça central chamada vigote da

costaneira, com cerca de 2,5 cm de espessura como mostra a Figura 31. A flecha da primeira costaneira (F) e do vigote desta foram medidos no meio dos seus 2,7 m internos, pois a flecha é considerada um bom indicador do nível de tensão de crescimento na árvore (Garcia, 1995). O encurvamento é a flecha medida no plano perpendicular à face da tábua, e o arqueamento é a flecha medida no plano paralelo à face da tábua.

Os empenamentos de tábua podem ser entendidos como sendo quaisquer distorções ocorridas nessa peça em relação aos seus planos principais. Uma causa importante da ocorrência do encurvamento (V_x) e/ou arqueamento (V_y) está relacionada à liberação das tensões internas de crescimento por ocasião do desdobro (GARCIA, 1995).

A flecha resultante do vigote da costaneira (FV) foi determinada pela resultante da medição das flechas componentes, dada pela fórmula: $FV = \sqrt{V_x + V_y}$. Na Figura 31 pode-se observar a medição da flecha V_x , a medição da flecha V_y foi feita da mesma maneira mudando apenas o plano de medição.

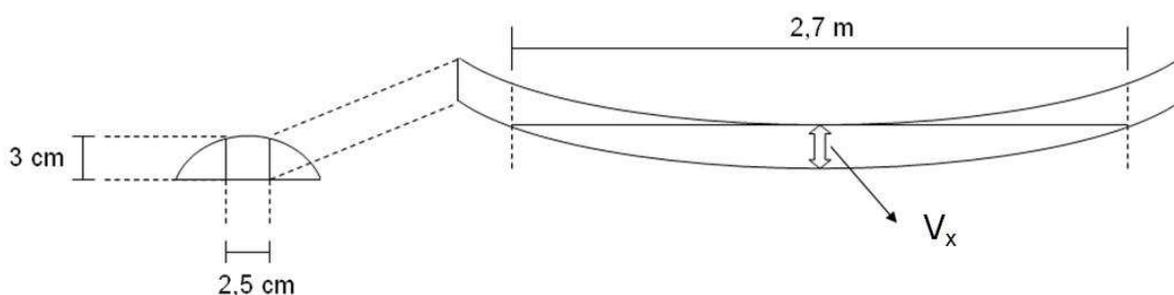


FIGURA 31 – PROCESSO DE OBTENÇÃO DA VIGA CENTRAL DA COSTANEIRA E DE MEDIÇÃO DO ARQUEAMENTO OU ENCURVAMENTO

FONTE: Garcia (2005)

As medições das flechas da costaneira e da viga da costaneira foram auxiliadas por uma régua de alumínio de 3,5 m x 2,5 cm x 5,0 cm como referência indeformável, por ser leve e de grande rigidez, a qual encostada de modo equidistante das extremidades da costaneira e da viga da costaneira possibilitou a

leitura da flecha. A flecha equivale ao afastamento existente entre o ponto central da peça (costaneira ou viga da costaneira), tomado perpendicularmente em relação ao perfil de alumínio, o qual define a posição original não deformada.

Para a retirada da tábua central, foram realizados cortes a um centímetro de cada lado da parte central da medula, usando a mesma serra fita simples utilizada no corte da costaneira. Imediatamente após a retirada da tábua central, foi feita a medição do comprimento das rachaduras da tábua de sua extremidade, como mostra a Figura 32. Após a coleta das informações foi calculada a rachadura total da tábua pela expressão apresentada na Figura 32.

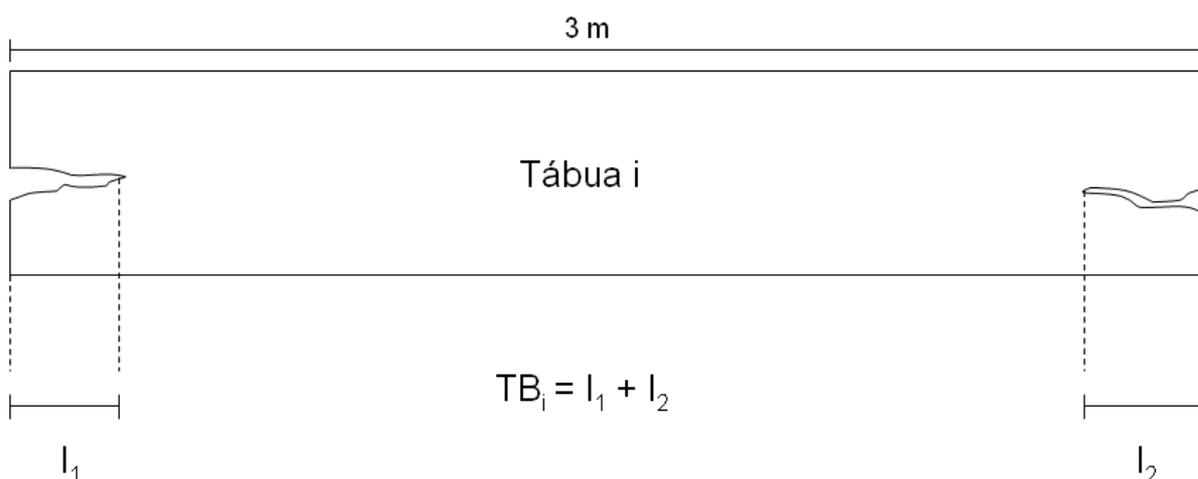


FIGURA 32 – PROCESSO DE MEDIÇÃO DO COMPRIMENTO DAS RACHADURAS DE ESTREMITADE DE TÁBUA CENTRAL

FONTE: Garcia (2005)

A abertura da rachadura de extremidade de tábua central foi medida com auxílio de uma régua graduada, em centímetro, considerando para análise o valor da maior abertura encontrada na tábua.

3.3.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS

Para análise genética dos indicadores de tensão de crescimento dos indivíduos do teste de progênie, foi utilizado o software para análise genética SELEGEN (RESENDE, 2002). Os parâmetros genéticos foram estimados via REML e os valores genotípicos ou médias genotípicas ajustadas de progênies, bem como os valores genéticos aditivos e genotípicos individuais foram estimados pelo procedimento BLUP.

Na avaliação de progênies de meios-irmãos, no delineamento em blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, uma medição por indivíduo, um só caráter e uma só população, foi utilizado o seguinte modelo linear misto:

$$y = Xb + Za + Wc + e;$$
 descrito anteriormente no item 1.3.4.2 do Capítulo I.

onde:

y = vetor de dados;

b = vetor dos efeitos das repetições (assumidos como fixos) somados à média geral;

a = vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);

c = vetor dos efeitos de parcela;

e = vetor do efeito dos erros ou resíduos

X, Z, W : matrizes de incidências para os referidos efeitos.

3.3.4 CORRELAÇÕES GENÉTICAS

Para a análise de correlações genéticas entre os indicadores de tensão de crescimento foram utilizadas as seguintes características: abertura da rachadura de tábua (a); comprimento da rachadura da tábua (TB_i); encurvamento da costaneira (F); encurvamento (V_x) e arqueamento (V_y) do vigote da costaneira e a resultante das medições das flechas componentes (FV), a fim de verificar se existem

correlações entre características e qual o sentido dessa correlação. Para isso foi utilizada a mesma expressão empregada no item 1.3.4.1 do Capítulo 1.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.4.1 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS

As tensões de crescimento foram determinadas através de sua manifestação durante o desdobro levando-se em consideração os dados de abertura e comprimento da rachadura da tábua central, encurvamento da costaneira, encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira e resultante das medições das flechas componentes.

A Figura 33 mostra a importância da rachadura de extremidade de tábua que segundo testes realizados por Garcia (2005) não é raro em *Eucalyptus* o fato de que essa rachadura chegue quase ao comprimento total da peça serrada.

Verifica-se no conjunto das Figuras 33 e 34 um exemplo de variação das rachaduras de extremidade de tábua central observadas durante as avaliações.



FIGURA 33 – TÁBUA CENTRAL DE *E. benthamii* RACHADA

FONTE: o autor (2007)



FIGURA 34 – TÁBUA CENTRAL DE *E. benthamii* SEM RACHADURA

FONTE: o autor (2007)

Na Figura 33 é apresentada uma tábua central de *E. benthamii* rachada logo após o processamento da tora e na Figura 34 observa-se que não há sinal de rachadura na tábua central de *E. benthamii* apresentada.

Os valores médios e desvios padrão das variáveis abertura e comprimento da rachadura da tábua central das famílias do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó – SC são apresentados na Tabela 23.

TABELA 23 – MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS ABERTURA E COMPRIMENTO DA RACHADURA DA TÁBUA CENTRAL DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIE DE *E. bentharii* AOS 62 MESES DE IDADE, INSTALADO EM CHAPECÓ – SC

FAMÍLIA	Abertura da rachadura (cm)		Comprimento da rachadura (cm)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
1	1,28	3,27	34,00	44,51
2	0,08	0,03	5,00	1,47
3	0,98	1,89	14,67	17,74
4	0,10	0,00	15,50	2,83
5	0,19	0,17	13,91	8,53
6	0,21	0,12	14,82	7,12
7	0,87	0,98	27,95	21,21
8	0,63	1,36	22,94	23,73
9	1,68	2,41	43,32	38,71
10	0,41	0,76	19,13	16,57
11	0,34	0,36	21,38	19,26
12	0,28	0,45	15,32	12,98
13	0,23	0,18	17,13	9,58
14	0,50	1,13	13,33	18,19
15	0,35	0,47	17,59	18,05
16	0,09	0,03	7,50	1,29
17	0,20	0,35	14,93	27,12
18	0,33	0,30	21,42	11,71
19	0,77	1,50	29,45	38,75
20	0,38	0,48	20,56	19,80
21	1,04	2,07	16,29	10,30
22	0,41	0,48	21,90	18,12
23	0,31	0,39	16,69	17,89
24	0,14	0,11	16,60	10,40
25	0,40	0,41	19,05	12,82
26	0,20	0,18	13,95	8,29
27	3,98	12,32	25,03	36,90
28	0,18	0,13	15,47	11,65
29	0,44	0,70	19,77	20,36
30	0,18	0,18	11,43	10,28
31	0,09	0,08	12,00	11,56
32	0,35	0,45	20,90	17,63
Média	0,55	1,06	18,72	17,04

FONTE: o autor (2008)

Observa-se na Tabela 23 uma grande variação entre as famílias estudadas nas duas variáveis apresentadas, abertura e comprimento de extremidade de rachadura de tábua central.

O valor médio da variável abertura da rachadura de extremidade de tábua central para famílias foi 0,55 cm. Porém se observado os valores individuais médios de cada família, verifica-se que entre as 32 famílias avaliadas 24 apresentam valores inferiores ao valor médio, com destaque para as famílias 2, 46, 31 e 4, que apresentaram baixos valores médios de abertura da rachadura de extremidade de tábua central. Outro ponto a ser ressaltado é a proporção apresentada pelo desvio padrão em relação à média. Os valores de desvio padrão apresentados são, na maioria das famílias, maior que o valor médio observado da mesma família, indicando uma alta variabilidade dentro de família.

O mesmo foi observado para a variável comprimento da rachadura de extremidade de tábua central. Os valores de desvio padrão são, em alguns casos, superiores ao valor médio. Os resultados mostram, também, uma grande variação na média do comprimento da rachadura de extremidade de tábua central apresentados pelas famílias estudadas, variando de 5,00 cm na família 2 a 43,32 cm na família 9. Porém, ao analisar os valores de desvio padrão verifica-se que na família 9 são encontrados indivíduos com valores semelhantes a alguns indivíduos da família 2.

Em um estudo desenvolvido por Barchet (2001), com 15 espécies de *Eucalyptus*, provenientes da estação experimental de Itatinga – SP da ESALQ/USP, onde foram avaliados os comprimentos da rachadura de extremidade de tábua central em três árvores por espécie e duas toras por árvore, foi possível observar uma grande variação entre as espécies estudadas. O comprimento da rachadura de extremidade de tábua central, com 3 m de comprimento, variou de 0,30 cm em *E. dunnii* a 250 cm em *E. tereticornis*, valores esses superiores ao encontrado nesse estudo para *E. benthamii*.

Foram desenvolvidos também dois outros estudos semelhantes, com a finalidade de determinar o comprimento de rachadura de extremidade de tábua central para *E. urophylla* (SCHACHT, 1998) e para *E. saligna* e *E. grandis* (CRESPÔ, 2000). Os resultados médios encontrados para comprimento de rachadura de extremidade de tábua central foi de 22,9 cm para *E. urophylla* e de 22,78 cm e 34,78 cm para *E. saligna* e *E. grandis*, respectivamente. No estudo realizado por Crespô (2000) foi verificado uma fraca relação entre a variável rachaduras de extremidades de tábua e diferentes classes diamétricas para *E.*

saligna e *E. grandis*. O autor concluiu que esse resultado pode ter sido causado pela variabilidade natural dentro da espécie, já que em qualquer diâmetro, existem tábuas que racham pouco e tábuas que racham muito.

Calonego *et al.* (2005) avaliaram a abertura e comprimento da rachadura de extremidade de tábua de *E. grandis* em diferentes classes diamétricas. Os resultados indicam que, quanto menor o diâmetro da tora menor será a abertura e o comprimento da rachadura de extremidade de tábua, em diâmetros entre 30 e 35 cm a abertura foi de 2,50 cm e o comprimento 106,30 cm, para diâmetros entre 25 e 30 cm a abertura foi de 1,50 cm e o comprimento 82,00 cm e para diâmetros entre 20 e 25 cm a abertura foi de 1,00 cm e o comprimento 54,3 cm.

Fernandes e Ferreira (1991), a partir de 142 árvores de *E. saligna* de nove anos de idade, verificaram a relação existente entre o nível de tensões internas de crescimento (expresso na forma de rachaduras medidas nas extremidades da prancha central) e o diâmetro das toras. Nesse estudo as árvores foram classificadas em cinco classes de DAP, sendo 22, 45 cm o valor médio da classe inferior e para a classe superior, o valor médio foi de 33,64 cm. O autor encontrou uma correlação negativa altamente significativa entre a intensidade de rachaduras das extremidades e os diâmetros das toras. Nesse caso os resultados conflitaram com outros dados de literatura.

Para determinar se existe possibilidade de ganho na seleção genética sob essas variáveis foram estimados os parâmetros genéticos, que são apresentados na Tabela 24.

TABELA 24 – PARÂMETROS GENÉTICOS DAS VARIÁVEIS INDICADORAS DE TENSÃO DE CRESCIMENTO REFERENTES À RACHADURA DA EXTREMIDADE DA TÁBUA CENTRAL DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

PARÂMETRO	Variáveis	
	Abertura da rachadura (cm)	Comprimento da rachadura (cm)
Variância genética aditiva individual	0,510	36,458
Variância entre parcelas	0,054	7,227
Variância residual	9,860	411,546
Variância fenotípica	10,423	455,231
Herdabilidade aditiva individual	0,049 ± 0,074	0,080 ± 0,095
Herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela	0,049	0,081
Coefficiente de determinação de parcela	0,005	0,016
Herdabilidade da média de progênies	0,401	0,507
Acurácia na seleção de progênies	0,633	0,712
Herdabilidade dentro de progênie	0,037	0,062
Coefficiente de variação genética aditiva individual	92,043	27,275
Coefficiente de variação genotípica de progênies	46,022	13,637
Coefficiente de variação experimental	148,891	35,594
Coefficiente de variação relativa	0,309	0,383
Variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie	0,076	4,495
Desvio padrão do valor genotípico predito de progênie	0,276	2,120
Média geral	0,551	18,723

FONTE: o autor (2008)

Os valores de coeficiente de herdabilidade aditiva individual encontrados para abertura e comprimento da rachadura de extremidade de tábua foram 0,05 e 0,08 respectivamente, eles são considerados baixos indicando que essas características não são herdáveis em *E. benthamii*, o que significa que não há ganho genético na seleção dessas características.

Os coeficientes de determinação dos efeitos de parcela revelam que uma pequena variação ambiental permaneceu dentro dos blocos. Os valores apresentados de acurácia, 0,63 para a estimativa de abertura da rachadura de extremidade de tábua e 0,71 para comprimento da rachadura, indicam alta precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada nos caracteres.

As estimativas do coeficiente de herdabilidade média de família foram 0,40 para abertura e 0,50 para comprimento de tábua. Schacht (1998) estimando herdabilidade média de família em *E. urophylla* encontrou valor de 0,74 o sugere este caráter é fortemente herdável na população estudada.

Conforme comentado anteriormente, foram realizadas as avaliações do encurvamento da costaneira e do encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira. Essas variáveis são consideradas por Garcia (1992), Schacht (1998); e Crespô (2000) como bons indicadores de tensão de crescimento. Os valores médios e desvios padrão dessas variáveis são apresentados na Tabela 25 e 26.

TABELA 25 – MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DA VARIÁVEL FLECHA DA COSTANEIRA DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* AOS 62 MESES DE IDADE, INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

FAMÍLIA	Flecha da costaneira (cm)	
	Média	Desvio padrão
1	3,06	0,61
2	2,80	0,53
3	2,35	0,47
4	4,00	2,12
5	3,07	0,73
6	2,29	0,61
7	2,95	0,80
8	4,00	1,44
9	3,03	0,73
10	2,85	0,89
11	2,93	0,74
12	2,98	1,07
13	2,31	0,79
14	2,92	0,89
15	2,45	0,84
16	4,00	1,58
17	2,75	0,67
18	2,35	0,91
19	3,30	1,22
20	2,87	1,04
21	2,89	0,55
22	3,18	1,14
23	2,40	0,67
24	3,77	2,53
25	3,34	0,81
26	2,97	0,66
27	3,03	0,76
28	3,31	2,02
29	2,50	0,88
30	2,85	0,95
31	2,46	1,04
32	3,54	0,99
Média	2,98	0,99

FONTE: o autor (2008)

Os valores médios de encurvamento da costaneira das famílias avaliadas de *E. benthamii* apresentados na Tabela 24, mostram que as famílias que apresentaram os maiores valores de encurvamento da costaneira são: famílias 4, 8, 16 e 24. Com exceção da família 24 que apresentou valor médio de 3,77 cm para o

encurvamento da costaneira, as demais famílias citadas apresentaram encurvamento da costaneira de 4 cm. Porém, se observados os valores de desvios padrão da variável para essas famílias, pode-se verificar que essas famílias são as que apresentam o maior desvio padrão. Esses valores indicam que existe uma maior diferença dentro dessas famílias do que dentro das demais famílias avaliadas.

Isso pode ser observado nas famílias 6, 3, 18 e 23, que representam as famílias de menores valores médios de encurvamento da costaneira (Tabela 25). Ao observar os valores de desvio padrão, nota-se que realmente existe uma menor discrepância dentro dessas famílias do que nas famílias que apresentaram maior encurvamento da costaneira. Isso significa que, entre as famílias de maior encurvamento da costaneira, existem indivíduos que apresentam valores semelhantes aos valores médios apresentados pelas famílias de menor encurvamento da costaneira, porém, o oposto não acontece.

Barchet (2001) verificou que existem grandes diferenças de encurvamento da costaneira entre espécies do gênero *Eucalyptus*. Esse autor estudou essa variável em 11 espécies do gênero e, os resultados encontrados foram: encurvamento de 0,90 cm para *E. cloeziana* e *E. maculata*; encurvamento de 1,00 cm para *E. nesophylla* e *E. phaeatricha*, encurvamento de 1,10 cm para *E. microcorys*, *E. paniculata* e *E. dunnii*, encurvamento de 1,20 cm para *E. robusta*, encurvamento de 1,75 cm para *E. punctata*, encurvamento de 2,20 cm para *E. camaldulensis* e encurvamento de 2,55 cm para *E. tereticornis*.

Schacht (1998) avaliou essa mesma variável em *E. urophylla*, e encontrou o valor de 2,19 cm de encurvamento da costaneira. Vale ressaltar que os resultados encontrados por Barchet (2001) e por Schacht (1998) foram determinados em costaneiras de toras de árvores com mais de nove anos de idade e no presente estudo realizado com *E. benthamii* a variável foi determinada em costaneiras de toras de árvores com 62 meses de idade, ou seja, em costaneiras de toras de árvores com diâmetros bem menores que as costaneiras dos estudos realizados pelos autores citados.

Segundo Garcia (2005) é importante observar que a tendência da flecha medida na mesma posição da tora diminui com o aumento do raio da mesma. Isso ocorre porque a taxa de variação da tensão ao longo do raio da tora é menos acentuada em toras de raio maiores, mantida constante a tensão de crescimento.

Por exemplo, a flecha cai pela metade quando o raio da tora passa de 15 para 30cm. Isso pode explicar os maiores valores médios de encurvamento da costaneira encontrados nesse estudo com *E. benthamii* em relação aos resultados apresentados na literatura.

Na Tabela 26 são apresentados os valores médios e desvios padrão das variáveis: encurvamento, arqueamento e a flecha resultante das flechas de encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira das famílias do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó – SC.

TABELA 26 – MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS: ENCURVAMENTO, ARQUEAMENTO E A FLECHA RESULTANTE DAS FLECHAS DE ENCURVAMENTO E ARQUEAMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* AOS 62 MESES DE IDADE, INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

FAMÍLIA	Encurvamento (cm)		Arqueamento (cm)		Flecha resultante (cm)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
1	4,65	1,39	0,57	0,66	4,75	1,30
2	5,69	2,36	1,10	0,84	5,87	2,26
3	3,45	0,70	1,13	0,91	3,71	0,84
4	7,75	4,60	1,90	2,26	8,35	3,75
5	5,58	2,33	1,12	0,56	5,76	2,21
6	3,76	0,64	1,01	0,88	3,96	0,77
7	5,68	2,29	0,61	0,49	5,74	2,27
8	6,28	1,88	1,63	0,93	6,53	1,92
9	5,16	1,42	0,72	0,39	5,22	1,44
10	5,97	3,10	0,97	1,11	6,11	3,17
11	4,39	1,55	1,28	0,58	4,60	1,54
12	5,35	1,60	1,30	0,76	5,55	1,61
13	3,96	1,47	0,93	0,69	4,14	1,39
14	5,24	1,57	0,79	0,73	5,35	1,56
15	3,73	1,13	1,07	0,90	3,94	1,25
16	6,13	1,75	0,80	0,24	6,18	1,76
17	4,48	1,05	1,94	1,18	4,93	1,39
18	4,83	2,14	0,37	0,43	4,86	2,14
19	5,89	2,66	1,09	0,90	6,07	2,61
20	5,49	1,78	2,28	3,59	6,42	3,06
21	4,78	1,17	1,03	0,93	4,96	1,18
22	5,41	0,88	1,47	0,74	5,64	0,97
23	4,22	0,96	0,63	0,64	4,30	1,00
24	6,46	3,59	1,16	1,21	6,60	3,70
25	5,53	1,31	1,10	1,14	5,72	1,38
26	4,62	1,60	1,01	0,89	4,77	1,70
27	5,24	1,88	1,18	1,10	5,43	2,02
28	5,23	2,15	1,05	0,31	5,36	2,11
29	4,65	1,23	0,72	0,56	4,74	1,22
30	4,56	1,30	1,22	1,31	4,82	1,53
31	3,68	1,66	0,65	0,71	3,79	1,67
32	5,85	1,61	1,16	1,51	6,04	1,93
Média	5,12	1,77	1,09	0,94	5,32	1,83

FONTE: o autor (2008)

Novamente verifica-se a grande magnitude da variação existente nos indicadores de tensão de crescimento das famílias estudadas do teste de progênie de *E benthamii*. Na Tabela 26, observa-se que os valores médios de encurvamento do vigote da costaneira variam de 3,45 cm na família 3 a 7,75 na família 4, os

valores de desvio padrão dessas famílias reforçam o padrão apresentado anteriormente para abertura e comprimento de rachadura de tábua e encurvamento da costaneira, pois as famílias que apresentam os maiores valores médios de encurvamento apresentam também maior desvio padrão, indicando uma maior discrepância dentro de família.

No estudo realizado por Barchet (2001) foi também determinado o encurvamento do vigote da costaneira para as mesmas espécies de *Eucalyptus* relacionadas acima. Os resultados apresentam valores inferiores aos encontrados nesse estudo para *E. benthamii*, o que era esperado, devido as diferenças de diâmetros das toras das árvores avaliadas entre os estudos. Os resultados do encurvamento do vigote da costaneira apresentados pelo autor variaram de 1,00 cm para *E. maculata* a 3,5 cm para *E. tereticornis*.

Crespô (2000) avaliou o encurvamento e o arqueamento de tábuas de *E. saligna* e *E. grandis*, os valores encontrados foram de 1,88 e 1,83 para o encurvamento, respectivamente e 0,50 e 0,61 para o arqueamento, respectivamente. Porém, segundo Garcia (2005) a flecha (encurvamento e arqueamento) é maior conforme aumenta a distância da peça avaliada, da medula. Sendo assim, os valores de encurvamento e arqueamento obtidos em tábuas são inferiores aos obtidos na costaneira, o que pode explicar tamanha diferença quando comparamos aos valores encontrados nesse estudo.

O valor médio de arqueamento do vigote da costaneira encontrado para as famílias do teste de progênie de *E. benthamii* (1,09) foi superior ao apresentado no estudo realizado por Crespô (2000) com *E. saligna* e *E. grandis*.

Ao analisar os valores médios de arqueamento do vigote da costaneira apresentados pelas famílias (Tabela 26), verifica-se que entre as 32 famílias avaliadas, apenas as famílias 1, 7, 18, 23 e 31 apresentaram valores semelhantes ao encontrado para *E. saligna* e *E. grandis*. Os valores apresentados de desvios padrão foram bastante elevados, chegando a ser maior que o valor médio apresentado pela família, como foram os casos das família 1, 23 e 31. Dessa forma, verifica-se que mesmo que esses valores estejam superestimados, se comparados com os valores encontrados por Crespô (2000), devido a posição da amostra na tora e pela diferença de idade das árvores amostradas, existem indivíduos entre as

famílias de *E. benthamii* com arqueamento do vigote da costaneira igual ou até mesmo inferior do que os valores apresentados para *E. saligna* e *E. grandis*.

Por meio da determinação do encurvamento e do arqueamento do vigote da costaneira foi possível determinar a flecha resultante entre o encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira da tora de cada indivíduo avaliado das famílias do teste de progênie de *E. benthamii*.

Observa-se na Tabela 26 que 15 famílias entre as 32 avaliadas apresentaram valores médios da flecha resultante inferior ao valor médio de famílias, entre essas famílias a família que mais se destaca por apresentar a menor flecha resultante do vigote da costaneira é a família 3, o que coincide com o resultado apresentado para encurvamento do vigote da costaneira.

Ao ordenar as famílias em relação aos valores médios apresentados em cada uma dessas três variáveis analisadas, verifica-se que, quando comparados o ordenamento das famílias entre as variáveis encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira não foi encontrado nenhuma coincidência, porém quando comparado o ordenamento das famílias entre as variáveis encurvamento e flecha resultante do vigote da costaneira encontrou-se 16 famílias com igual posicionamento no ordenamento, o mesmo não acontece ao comparar o ordenamento das famílias entre as variáveis arqueamento e a flecha resultante do vigote da costaneira. Isso indica que a variável encurvamento possui maior influência na flecha resultante.

O valor médio da flecha resultante das famílias avaliadas é superior ao valor apresentado por Schacht (1998) para média da flecha resultante de indivíduos e de clones de *E. urophylla*, os valores médios apresentados para a flecha resultante dos indivíduos avaliados foi de 3,80 cm e dos clones foi de 4,34 cm.

Porém, observa-se na Tabela 26 que entre as famílias avaliadas cinco apresentam valores médios inferiores ao dos clones e duas famílias apresentam valores médios inferiores ao dos indivíduos. Quando se analisa os valores de desvios padrão das famílias, verifica-se que o número de famílias que apresentam indivíduos com flecha resultante igual ou inferior aos valores apresentados por Schacht (1998) para *E. urophylla* é ainda maior.

Nas Figuras 35 e 36, observa-se de que maneira foram avaliados o encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira.



FIGURA 35 – MEDIÇÃO DO ENCURVAMENTO
FONTE: o autor (2007)



FIGURA 36 – MEDIÇÃO DO ARQUEAMENTO
FONTE: o autor (2007)

Da mesma maneira que realizado para as variáveis abertura e comprimento da rachadura de tábua, também foram estimados os parâmetros genéticos para as demais variáveis utilizadas como indicadores de tensão de crescimento, os resultados são apresentados na Tabela 27.

TABELA 27 – PARÂMETROS GENÉTICOS DAS VARIÁVEIS INDICADORAS DE TENSÃO DE CRESCIMENTO REFERENTES AO ENCURVAMENTO E ARQUEAMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

PARÂMETRO	Variáveis			
	F (cm)	V _x (cm)	V _y (cm)	FV (cm)
Variância genética aditiva individual	0,216	1,016	0,005	0,988
Variância entre parcelas	0,018	0,046	0,023	0,102
Variância residual	0,838	2,527	1,074	2,818
Variância fenotípica	1,071	3,589	1,101	3,908
Herdabilidade aditiva individual	0,202 ± 0,147	0,283 ± 0,174	0,004 ± 0,023	0,253 ± 0,164
Herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela	0,205	0,287	0,004	0,260
Coefficiente de determinação de parcela	0,016	0,013	0,021	0,026
Herdabilidade da média de progênies	0,726	0,795	0,048	0,760
Acurácia na seleção de progênies	0,852	0,892	0,220	0,872
Herdabilidade dentro de progênie	0,162	0,232	0,003	0,208
Coefficiente de variação genética aditiva individual	15,625	19,567	5,214	18,545
Coefficiente de variação genotípica de progênies	7,813	9,784	2,607	9,273
Coefficiente de variação experimental	12,687	13,130	30,625	13,803
Coefficiente de variação relativa	0,616	0,745	0,085	0,672
Variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie	0,015	0,052	0,001	0,059
Desvio padrão do valor genotípico predito de progênie	0,122	0,228	0,033	0,244
Média geral	2,976	5,150	1,297	5,359

FONTE: o autor (2008)

O principal objetivo nesse trabalho foi determinar qual o potencial de ganho genético por seleção da variável em questão, baseado em parâmetros genéticos estimados para variáveis de interesse. Dessa forma, o coeficiente de herdabilidade é um dos principais parâmetros a ser analisado, juntamente com os parâmetros que dão indicativo da eficiência da estimativa.

Observa-se que entre as variáveis analisadas apenas o arqueamento do vigote da costaneira apresentou baixo valor de herdabilidade, o que indica que deve ser priorizada no programa de melhoramento genético a seleção de genótipos pelas demais variáveis.

Porém as demais variáveis avaliadas apresentam coeficiente de herdabilidade moderado, variando de 0,20 a 0,28, o que indica que essas características são herdáveis nessa população de *E. benthamii*. Ao analisar os valores estimados de herdabilidade de média de família, observa-se essa herdabilidade é de alta magnitude, o que indica que a população de *E. benthamii* avaliada realmente apresenta um alto potencial de melhoramento genético para essas características.

Os valores estimados de herdabilidade média de família foram: 0,72 para encurvamento da costaneira, 0,80 para o encurvamento do vigote da costaneira e 0,76 para a flecha resultante entre encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira.

Schacht (1998) estimou o coeficiente de herdabilidade média de família para *E. urophylla* e encontrou valor de herdabilidade de 0,83, que foi considerado um caráter fortemente herdável em *E. urophylla*. O valor estimado de herdabilidade média de família para a população de *E. benthamii* é próximo a este determinado para *E. urophylla*.

A acurácia encontrada na estimativa dos parâmetros genéticos indica alta precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada nas variáveis, com exceção da estimativa do arqueamento do vigote da costaneira, como pode ser observado na Tabela 27.

Os valores encontrados para o coeficiente de determinação de parcela são considerados baixo, o que significa que apenas uma pequena variação ambiental permaneceu dentro do bloco, indicando uma boa eficiência no delineamento experimental utilizado.

3.4.2 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE INDICADORES DE TENSÃO DE CRESCIMENTO

As estimativas de correlações genéticas são apresentadas na Tabela 28. Essas correlações apresentam associações de variáveis em que havia interesse em avaliar o comportamento conjunto, a fim de fornecer subsídios para planejamento de programas de melhoramento genético da população de *E. benthamii*.

TABELA 28 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE OS INDICADORES DE TENSÃO DE CRESCIMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

VARIÁVEL	F (cm)	V _x (cm)	V _y (cm)	FV	a (cm)	TB _i (cm)
F (cm)	-	0,81	0,27	0,80	0,06	0,07
V _x (cm)		-	0,20	0,98	0,10	0,13
V _y (cm)			-	0,35	-0,12	-0,31
FV				-	0,08	0,08
a (cm)					-	0,54
TB _i (cm)						-

F= Flecha da costaneira; V_x=encurvamento do vigote da costaneira; V_y=arqueamento do vigote da costaneira; FV= Flecha resultante do encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira; a= abertura da rachadura de extremidade de tábua; e TB_i= comprimento da rachadura de extremidade de tábua.

FONTE: o autor (2008)

As correlações genéticas entre o encurvamento da costaneira e as variáveis abertura e comprimento da tábua central foram praticamente nulos, 0,06 e 0,07 respectivamente, evidenciando que a seleção do encurvamento da costaneira não interfere na seleção dessas duas variáveis em questão, ou seja, nos procedimentos do melhoramento elas podem ser manipuladas de forma independente. Quanto as relações entre o encurvamento da costaneira apresentou alta correlação genética com as variáveis encurvamento e flecha resultante entre o encurvamento e o arqueamento do vigote da costaneira, o mesmo não foi observado para o arqueamento do vigote da costaneira, como apresentado na Tabela 28.

Já as correlações genéticas entre o encurvamento, arqueamento e a flecha resultante do encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira apresentaram

variações na relação, o que pode ser observado na Tabela 28, a relação entre variáveis foi alta apenas para o encurvamento e a flecha resultante entre encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira, porém a seleção pode ser feita de forma independente para o arqueamento, apesar da relação apresentada não ter sido considerada alta ela não interfere negativamente na seleção das demais variáveis.

Verifica-se também que existe uma pequena relação entre a abertura e o comprimento da rachadura de tábua central, essa relação é positiva, indicando que selecionando uma dessas variáveis estaria selecionando também a outra, mas no geral essas variáveis não são geneticamente correlacionadas com as demais variáveis analisadas. Porém um fato chama atenção, a correlação dessas duas variáveis com o arqueamento do vigote da costaneira apesar de ser baixa foram as únicas a serem negativas.

Schacht (1998) avaliou a correlação genética existente entre 13 variáveis que considerou estarem relacionadas com a tensão de crescimento em *E. urophylla*, entre as variáveis analisadas estão comprimento da rachadura da tábua central, encurvamento da costaneira e flecha resultante entre encurvamento e arqueamento do vigote da costaneira. Foram observadas correlações genéticas altas entre essas variáveis e o autor conclui que tanto a flecha da costaneira, quanto a flecha resultante entre o encurvamento e o arqueamento do vigote da costaneira, quando obtidas em condições padronizadas, são um eficiente indicador para a seleção de árvores produtoras de madeira serrada com baixos níveis de encurvamento. Resultado esse, semelhante ao encontrado para a população de *E. benthamii* estudada.

De acordo com os resultados das correlações genéticas apresentados na Tabela 28 e com os resultados das estimativas dos parâmetros genéticos apresentados nas Tabelas 24 e 27, verifica-se que entre as variáveis estudadas a mais indicada a ser utilizada no programa de melhoramento genético dessa população de *E. benthamii* é o encurvamento do vigote da costaneira, pois é a variável que apresenta maior herdabilidade individual e de média de família como também é a variável que apresenta as maiores correlações genéticas entre as variáveis estudadas.

3.5 CONCLUSÃO

Entre as variáveis avaliadas o encurvamento do vigote da costaneira é considerado a variável mais indicada para a seleção de materiais com menor tensão de crescimento, em função de apresentar altas correlações genéticas com o encurvamento do vigote da costaneira e a resultante entre o encurvamento e o arqueamento do vigote da costaneira, além de apresentar alto controle genético em nível individual e de família, possibilitando obter ganhos genéticos significativos.

As variáveis arqueamento do vigote da costaneira e abertura e comprimento das rachaduras de extremidade da tábua central não correlacionam geneticamente com as variáveis estudadas. Entre essas variáveis, o comprimento das rachaduras de extremidade da tábua central apresenta alto controle genético em nível de média de família, indicando possibilidade de ganho na seleção.

4 ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE *Eucalyptus benthamii* VISANDO A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA PARA PLANTIOS EM LOCAIS COM OCORRÊNCIA DE GEADAS

4.1 INTRODUÇÃO

Um programa de melhoramento genético deve ter sua estratégia bem definida, com atividades e resultados planejados para curto e longo prazo, obtendo-se a partir dela, material genético melhorado quanto à produtividade e qualidade da madeira para diferentes fins e, resistência a pragas, doenças e condições ambientais adversas. Além de contribuir para a melhoria e sustentabilidade da produtividade e qualidade da madeira dos plantios comerciais, o material geneticamente melhorado deve garantir a continuidade do programa de melhoramento possibilitando a seleção de árvores ou clones superiores em gerações avançadas (ODA, *et al.*, 2007).

As estratégias de melhoramento são baseadas em estimativas de parâmetros genéticos populacionais que permitem inferir sobre o controle genético dos caracteres, a comparação entre métodos de seleção e a estimação do progresso genético esperado com a seleção. No caso de plantas perenes, a obtenção destas estimativas é ainda mais importante do que em plantas anuais, porque, devido ao longo ciclo dessas espécies, a decisão dos melhoristas deve ser a mais acertada possível. Por isso, é necessário que os experimentos de campo sejam bem delineados e bem conduzidos, a fim de se obter estimativas confiáveis (BISON, 2004).

O procedimento mais utilizado na cultura do eucalipto para a estimação de componentes de variância intra-populacional tem sido a avaliação de famílias de meios-irmãos, devido à sua simplicidade de obtenção (MARQUES JÚNIOR, 1995; PEREIRA, 1996). Considerando que, a variação entre progênies ou famílias de meios-irmãos corresponde a 1/4 da variância genética aditiva, é possível estimar

alguns parâmetros importantes para os melhoristas, como a herdabilidade no sentido restrito e o ganho esperado com a seleção recorrente.

A herdabilidade (h^2) é considerada o parâmetro genético mais importante para os melhoristas, pois corresponde à proporção da variância aditiva em relação à variância fenotípica (h^2 no sentido restrito), para propagação via sementes, ou à proporção da variância genética em relação à variância fenotípica (h^2 no sentido amplo), para propagação vegetativa. Dessa forma, ela mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo.

Devido a isso, a herdabilidade participar de quase todas as fórmulas relacionadas com a predição de ganhos genéticos e, portanto, das decisões práticas tomadas pelos melhoristas (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1988). Assim, estimativas da herdabilidade no sentido restrito têm sido obtidas com frequência para eucaliptos, em nível de médias de famílias e também em nível de plantas individuais (BISON, 2004).

No processo de seleção é de suma importância considerar o ambiente em que se deseja desenvolver a produção florestal. Para isso, é necessário estabelecer uma rede experimental que represente toda a diversidade ambiental associada aos locais dos futuros plantios. Esta rede experimental pode ser estabelecida por espécies, procedências, progênies ou clones, sendo aquelas estabelecidas por progênies as mais comuns e mais úteis (RESENDE, 2005).

As redes experimentais permitem a avaliação da interação genótipo x ambiente e, conseqüentemente, a definição de “zonas de melhoramento”. Estas zonas são estabelecidas de forma que, dentro delas, a interação genótipo x ambiente seja desprezível e, entre elas, a interação seja problemática para o melhorista. Assim, cada zona de melhoramento demandará um programa de melhoramento específico, e o número destas indicará o número mínimo de populações de melhoramento a serem empregadas pelo melhorista (RESENDE, 2005).

O estudo das relações entre as variáveis a serem melhoradas é, também, um importante fator a ser considerado na definição da estratégia, pois o melhorista procura sempre obter genótipos superiores para um conjunto de atributos e não para caracteres isoladamente. É de fundamental importância saber como o melhoramento de uma variável pode causar alterações em outras. A associação entre variáveis pode ser avaliada por meio das correlações entre elas.

Quando o objetivo é obter ganhos genéticos simultaneamente para mais de uma variável de importância econômica ou de interesse do melhorista, três sistemas de seleção podem ser adotados. Estes sistemas de seleção são: a) seleção em *tandem*; b) seleção em níveis independentes de eliminação; e c) seleção baseada em índice de seleção (RESENDE, 2005).

Estes sistemas seletivos foram comparados por Turner e Young (1969). No sistema *tandem* seleciona-se a árvore, por algumas gerações, para uma determinada característica até atingir o nível desejado e, nas próximas gerações, selecionam-se indivíduos para outras características de interesse, dentre os indivíduos selecionados anteriormente. Neste sistema, tem-se o inconveniente de um ciclo de seleção muito longo e a possibilidade de esgotamento da variabilidade para os caracteres a serem selecionados em etapas posteriores (RESENDE, 2005).

No sistema níveis independentes de eliminação, níveis mínimos são estabelecidos para cada característica e todos os indivíduos abaixo deste nível, em pelo menos uma delas, são eliminados. Este processo tem a inconveniência de se ter que selecionar brandamente para cada caráter, individualmente, para se chegar a uma razoável pressão de seleção final, já que esta é função do produto das intensidades de seleção visando a cada caráter (RESENDE, 2005).

O sistema índices de seleção considera simultaneamente todos os caracteres de interesse, gerando uma variável adicional que resulta da ponderação dos caracteres por meio de coeficientes calculados com base nas herdabilidades, em valores econômicos relativos e em correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres. A construção de índices de seleção baseia-se em equações de regressão múltipla, que permitem predizer o valor genético ou genotípico global dos indivíduos, os quais são funções lineares dos valores genéticos ou genotípicos associados a cada caráter. Os índices de seleção são teoricamente mais eficientes que os sistemas *tandem* e níveis independentes. Além do mais, estes dois sistemas ignoram as correlações entre caracteres (RESENDE, 2005).

Outro método de seleção é a seleção individual para cada caráter, segundo Kageyama e Vencovsky (1983) a seleção individual intensa para um caráter de alta herdabilidade deve ser vista com cautela, pois esta prática poderá provocar eliminação ou perda precoce de alelos responsáveis por outros caracteres. Os riscos da seleção individual intensa no melhoramento genético, somente podem ser reduzidos se: a) forem utilizadas espécies puras e adaptadas (atentar para a

tipicidade da espécie); b) forem selecionadas matrizes em condições normais de ambiente (sem estresse); c) for mantido alto o tamanho efetivo da população (N_e); d) for utilizado para programas em curto prazo. Para programas a médio e longo prazo, devem-se utilizar intensidades de seleção moderadas.

Da mesma forma podem-se ter melhores resultados no melhoramento assexual se: a) for utilizada espécie híbrida (adaptada ou não); b) forem selecionadas matrizes em condições de estresse onde, eventualmente, uma heterose pode se manifestar; c) for utilizada alta intensidade de seleção (KAGEYAMA; VENCOVSKY, 1983).

A seleção de clones com boas características silviculturais e tecnológicas é o um dos objetivos dos programas de melhoramento com *Eucalyptus* no Brasil. Em tais programas os clones são avaliados em diferentes ambientes antes da seleção final, recomendação e multiplicação para exploração comercial. Como os ambientes utilizados nos experimentos são bastante diversificados, espera-se que ocorra a interação entre clones e ambientes e que a mesma tenha um papel importante na manifestação fenotípica (NUNES *et al*, (2002).

Nos casos das plantações com milhares de hectares e que ocupam diferentes tipos de sítios, propiciando condições de expressiva interação, é necessário identificar clones específicos para cada ambiente. Nesse caso, o efeito da interação seria capitalizado na seleção Nunes, *et al*. (2002).

4.2 OBJETIVO

Definir uma estratégia de melhoramento genético para *Eucalyptus benthamii* visando a produção de madeira serrada para plantios em locais com ocorrência de geadas.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 MATERIAL GENÉTICO

As informações de crescimento, resistência a geada, comportamento de crescimento e indicador de tensão de crescimento utilizadas no presente capítulo foram baseadas nas análises dos dados coletados no teste de progênies de *E. benthamii* instalados em Caçador, Calmon, Chapecó, e Vargem Bonita, SC, conforme já discutidos nos Capítulos 1, 2 e 3.

4.3.2 DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MELHORAMENTO BASEADAS NOS ESTUDOS DE INTERAÇÃO GENÉTICA ENTRE LOCAIS, DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *E. benthamii*

Os dados de crescimento (DAP) do teste progênie de *E. benthamii* instalado em Caçador -SC, Calmon – SC, Chapecó – SC e Vargem Bonita - SC foram organizados em agrupamentos por locais, procedendo – se o cruzamento de dados entre os locais, dois a dois.

Nessa avaliação de progênies de meios-irmãos, no delineamento de blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, uma medição por indivíduo e um só caráter, avaliando locais (experimentos) dois a dois com algumas progênies ou tratamentos comuns, foi utilizado o modelo descrito no item 1.3.4.3 do Capítulo 1.

Com base nos resultados da interação genótipo x ambiente foram determinadas as zonas de melhoramento genético.

4.3.3 ESTUDO DE PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *E. benthamii*

Em função da sua importância e vantagens que propiciam à predição de ganhos genéticos, as simulações da seleção para produtividade, considerando também a estabilidade e adaptabilidade dos indivíduos candidatos à seleção e suas combinações, foram empregadas neste trabalho para a variável de crescimento, essa análise foi realizada para cada zona de melhoramento genético.

Para esta avaliação em progênies de meios-irmãos, no delineamento de blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, uma medição por indivíduo e um só caráter, avaliado em vários locais (experimentos) com algumas progênies ou tratamentos comuns, foi utilizado o seguinte modelo linear misto:

$$y = Xr + Zg + Wp + Ti + e, \text{ em que:}$$

y = o vetor de dados,

r = o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral

g = o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios)

p = o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios)

i = vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios)

e = o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas (X , Z , W e T) representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

O vetor r contempla todas as repetições de todos os locais e o vetor p contempla todas as parcelas de todos os locais.

A análise dos dados foi realizada utilizando o software para análise genética SELEGEN (Resende, 2002).

SELEÇÃO DE FAMÍLIAS BASEADA NA PRODUTIVIDADE, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE GENOTÍPICAS

Muitos procedimentos de seleção de genitores produzem valores genéticos preditos, que são funções da média aritmética das observações realizadas nos indivíduos de sua progênie. O procedimento baseado na média aritmética é adequado por permitir a seleção por produtividade, mas inadequado por não permitir a seleção por homogeneidade da progênie. Aspectos referentes ao emprego da média harmônica, como medida de tendência central, e suas vantagens em relação ao uso da média aritmética são apresentados por Streiner (2000).

SELEÇÃO DE FAMÍLIAS PARA PRODUTIVIDADE E ESTABILIDADE, BASEADA NA MÉDIA HARMÔNICA DO VALOR GENÉTICO (MHVG)

A predição baseada na média harmônica permite selecionar famílias, simultaneamente, por produtividade e estabilidade, e pode ser feita pelo emprego dos mesmos preditores BLUP e das equações do modelo misto utilizados na tradicional seleção baseada na média aritmética, os quais são fornecidos por Resende (2002).

Para tanto, foi composto o vetor de dados, para as análises conjuntas de locais, como a recíproca de cada dado observado (y), ou seja, $1/y$, conforme sugere Resende (2004). A média de $(1/y)$ fornece uma função $(1/H)$ da média harmônica (H) desses dados. Assim, os resultados dos valores genéticos gerados pelo SELEGEN-REML/BLUP foram invertidos, visando à obtenção de H .

SELEÇÃO DE FAMÍLIAS PARA PRODUTIVIDADE E ADAPTABILIDADE, BASEADA NA PERFORMANCE RELATIVA DO VALOR GENÉTICO (PRVG)

Genericamente, a performance relativa do valor genotípico tem sido utilizada há muito tempo (WRIGHT *et al.*, 1966), em termos de dados fenotípicos e constitui a base do método de Annichiarico (1992). No cálculo da PRVG (RESENDE, 2004), os valores fenotípicos (ou dados originais) são expressos como proporção da média geral de cada local (MI) e, posteriormente, obtém-se BLUP contendo o valor médio dessa proporção entre os locais, conforme ressaltado por Resende (2004).

SELEÇÃO DE FAMÍLIAS PARA PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE, BASEADA NA MÉDIA HARMÔNICA DA PERFORMANCE RELATIVA DOS VALORES GENÉTICOS PREDITOS (MHPRVG)

A aplicação desse método, que permite selecionar indivíduos simultaneamente pelos três atributos, deve-se às principais vantagens de considerar os efeitos genotípicos como aleatórios e, assim, fornecer valores da estabilidade e adaptabilidade genotípicas (e não fenotípicas, como fornecem outros métodos); de lidar com dados não balanceados e heterogeneidade de variâncias; de fornecer dados já descontada a instabilidade e de gerar resultados na mesma escala do caráter avaliado (RESENDE, 2004).

A estatística da MHPRVG é aplicada preferencialmente sobre dados originais, expressando-os como Ml/y e posteriormente obtendo-se BLUP para os valores genotípicos (média geral mais efeitos genotípicos), conforme recomenda Resende (2004). A recíproca destes multiplicada pela média geral de todos os testes fornece a MHPRVG na unidade de avaliação do caráter. Com esse procedimento, as diferentes precisões associadas aos valores genéticos preditos dos genótipos nos ambientes são automaticamente consideradas pelo procedimento REML/BLUP.

Apresenta, ainda, a grande vantagem de considerar genótipos como efeitos aleatórios, fornecendo resultados que são interpretados diretamente como valores genéticos, diferentemente dos demais métodos que não o fornecem, tais como o de Lin e Binns (1988) e de Annicchiarico (1992), este último requerendo, adicionalmente, o estabelecimento de suposições para os valores da ordenada da curva normal padronizada (Z_{α}), associada ao nível de significância α .

As vantagens da metodologia de Média Harmônica da performance relativa dos valores genéticos – MHPRVG, segundo Resende (2004) são:

- i) Considera os efeitos genotípicos como aleatórios e, portanto fornece estabilidade e adaptabilidade genotípica e não fenotípica;
- ii) Permite lidar com desbalanceamento;
- iii) Permite lidar com delineamentos não ortogonais;
- iv) Permite lidar com heterogeneidade de variâncias;
- v) Permite considerar erros correlacionados dentro de locais;

- vi) Fornece valores genéticos já descontados (penalizados) da instabilidade;
- vii) Pode ser aplicado com qualquer número de ambientes;
- viii) Permite considerar a estabilidade e adaptabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênies;
- ix) Não depende da estimação e interpretação de outros parâmetros tais quais coeficientes de regressão;
- x) Elimina os ruídos da interação genótipos x ambientes, pois considera a herdabilidade desses efeitos;
- xi) Gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado;
- xii) Permite computar o ganho genético com a seleção pelos três atributos simultaneamente.

4.3.4 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, RESISTÊNCIA A GEADA E INDICADOR DE TENSÃO DE CRESCIMENTO

Para a análise de correlações genéticas entre crescimento, resistência a geada e indicador de tensão de crescimento foram utilizadas as seguintes características: para o crescimento utilizou-se o DAP, para resistência a geada utilizou-se a forma do fuste e como indicador de tensão de crescimento utilizou-se encurvamento do vigote da costaneira, a fim de verificar se existe correlação entre as características e qual o sentido dessa correlação. Para isso foi utilizada a mesma expressão empregada no item 1.3.4.1 do Capítulo 1.

4.3.5 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA SEXUADA E ASSEXUADA EM PROGÊNIES DE *E. benthamii*

Para o estabelecimento da estratégia de melhoramento via sexuada foram utilizados os valores genéticos aditivos de família e para o estabelecimento da estratégia de melhoramento genético via assexuada foram utilizados os valores genotípicos individuais, ou seja, a soma entre o valor genético aditivo e o efeito de dominância, conforme metodologia descrita por Resende (2002).

4.3.5.1 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA SEXUADA EM PROGÊNIES DE *E. benthamii*

Com base nas zonas de melhoramento genético estabelecidas; no estudo de interação genótipo x ambiente e no estudo da produtividade, estabilidade e adaptabilidade, nos valores de correlações genéticas entre características de crescimento, resistência a geada e indicadores de tensão de crescimento, foram realizadas simulações de seleção de famílias sob diferentes métodos, sendo eles:

Método 1 - seleção entre famílias, onde foram selecionadas as 16 melhores famílias em cada zona de melhoramento genético, com base na soma dos valores genéticos das variáveis de crescimento, forma do fuste e quando possível na variável indicadora de tensão de crescimento.

Método 2 - Seleção entre famílias, onde foram selecionadas as 16 melhores famílias em cada zona de melhoramento genético, com base na soma dos valores genéticos das variáveis de crescimento, forma do fuste e quando possível na variável indicadora de tensão de crescimento. Porém, nesse método, foram estabelecidos

pesos diferenciados para as variáveis, sendo que a proporção variou em função da existência ou não da variável indicadora de tensão de crescimento. Assim quando não havia essa informação a proporção foi de 7.5:2.5 para a variável de crescimento e a variável resistência a geada. As proporções foram de 6:1:3 para as variáveis de crescimento, forma do fuste e indicador de tensão de crescimento.

Método 3 - Seleção entre famílias, onde foram selecionadas as 16 melhores famílias em cada zona de melhoramento genético, com base na soma dos valores genéticos das variáveis de crescimento, forma do fuste e quando possível na variável indicadora de tensão de crescimento. Nesse método foram estabelecidos, também, pesos diferenciados para as variáveis. Porém ele só foi aplicado quando se tinha a informação da variável indicadora de tensão de crescimento, sendo que a proporção foi de 3:1:6 para as variáveis de crescimento, forma do fuste e indicador de tensão de crescimento, respectivamente.

Método 4 - Seleção entre famílias, onde foram selecionadas as 16 melhores famílias em cada zona de melhoramento genético, com base na seleção em níveis independentes. Quando havia a informação da variável indicadora de tensão de crescimento a seleção foi realizada primeiramente para a variável de crescimento com base no ordenamento de famílias da análise de produtividade, estabilidade e adaptabilidade. Foram eliminadas 10 famílias sob esse critério, manteve-se então 68,75% das famílias. Depois foram eliminadas quatro famílias sob o critério de indicador de tensão de crescimento, mantendo-se o corresponde a 56,25% das famílias e, por último, foram eliminadas duas famílias pela variável forma do fuste, finalizando a seleção com 50% das famílias testadas. Quando não haviam informações sobre a variável indicadora de tensão de crescimento a seleção foi realizada primeiramente sob a variável de crescimento onde se eliminou 12 famílias, 62,5% das famílias foram mantidas, por fim foram eliminadas quatro famílias pela variável forma do fuste finalizando a seleção com 50% das famílias testadas.

Para comparar a eficiência do método de seleção utilizou-se como padrão a seleção das 16 melhores famílias para cada variável individualmente em cada local das duas zonas de melhoramento.

Para subsidiar a definição de estratégias visando o ganho genético a curto e longo prazo, foi determinado o tamanho efetivo populacional em duas situações: com a seleção dentro de famílias mantendo todas as famílias testadas; e com a seleção entre e dentro de famílias, eliminando 50% das famílias.

Na determinação do tamanho efetivo populacional (N_e) das famílias nas duas situações apontadas acima, foi utilizada a expressão:

$$N_e = \frac{4N_f k_f}{k_f + 3}, \text{ em que:}$$

N_e = Tamanho efetivo populacional;

N_f = Número de famílias selecionadas; e

k_f = número de indivíduos selecionados por família

Com base nos diferentes métodos de seleção propostos, foram determinados os ganhos genéticos e suas respectivas percentagens para cada método de seleção em cada zona de melhoramento genético. Para o cálculo do ganho genético e seu percentual foram utilizadas as seguintes expressões:

$$GS = \hat{h}_{Mp}^2 \times DS, \text{ em que:}$$

GS = ganho genético;

\hat{h}_{Mp}^2 = herdabilidade da média de progênies; e

DS = diferencial de seleção.

$$DS = \overline{X}_s - \overline{X}_0, \text{ em que:}$$

\overline{X}_s = média das famílias selecionados; e

\overline{X}_0 = média da população original.

$$GS(\%) = \frac{GS \times 100}{m\acute{e}dia}, \text{ em que:}$$

$GS(\%)$ = percentual do ganho genético.

4.3.5.2 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA ASSEXUADA EM PROGÊNIES DE *E. benthamii*

Com base nos valores genotípicos individuais das variáveis de crescimento, resistência a geada e indicador de tensão de crescimento dos indivíduos do teste de progênie instalado em Chapecó – SC foram realizadas simulações de seleção de 150 indivíduos por diferentes métodos, sendo:

Método 1 - Foram selecionados os 150 melhores indivíduos com base na soma dos valores genotípicos, das variáveis de crescimento, forma do fuste e indicador de tensão de crescimento.

Método 2 - Foram selecionados os 150 melhores indivíduos com base na soma dos valores genotípicos, das variáveis de crescimento, forma do fuste e indicador de tensão de crescimento, porém nesse método foram estabelecidos pesos diferenciados para as variáveis, sendo que a proporção foi de 6:1:3 para as variáveis de crescimento, forma do fuste e indicador de tensão de crescimento; e

Método 3 – Foram selecionados os 150 melhores indivíduos com base na soma dos valores genotípicos, das variáveis de crescimento, forma do fuste e indicador de

tensão de crescimento, nesse método também foi estabelecida pesos diferenciados para as variáveis, sendo que a proporção neste caso foi de 3:1:6 para as variáveis de crescimento, forma do fuste e indicador de tensão de crescimento.

A comparação das eficiências dos métodos de seleção foi realizada baseada nas estimativas das novas médias e do percentual do ganho genético pela seleção dos 10% dos indivíduos superiores selecionados. Foi utilizado como padrão de comparação da eficiência de seleção os 15 melhores indivíduos para cada variável individualmente, determinando o diferencial da nova média e do percentual do ganho genético dos indivíduos selecionados em cada método utilizado.

Para a determinação do valor genotípico individual foi utilizada a seguinte expressão:

$$g = a + d, \text{ em que:}$$

g = valor genotípico individual;

a = valor genético aditivo individual; e

d = valor de dominância individual.

Os valores genéticos aditivo e de dominância, bem como a nova média, o ganho genético e o percentual de ganho genético foram determinados segundo metodologia descrita por Resende (2002) e Resende e Barbosa (2005).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.4.1 DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MELHORAMENTO BASEADAS NOS ESTUDOS DE INTERAÇÃO GENÉTICA ENTRE LOCAIS, DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *E. benthamii*

Para determinar os locais que poderiam ser agrupados numa mesma zona de melhoramento, foram estimadas as correlações genéticas para o caráter DAP avaliado em dois locais. Considerando que este tipo de correlação pode ser estimada, independentemente, para cada par de locais, as análises entre locais foram obtidas para as comparações de locais dois a dois.

Os resultados das correlações para as comparações de locais dois a dois são apresentados na Tabela 29.

TABELA 29 – CORRELAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE DA COMBINAÇÃO DE LOCAIS DOIS A DOIS

LOCAIS	Correlações Genótipo x Local
Caçador - Calmon	0,41
Caçador - Chapecó	0,98
Caçador - Vargem Bonita	0,12
Calmon - Chapecó	0,94
Calmon - Vargem Bonita	0,62
Chapecó - Vargem Bonita	0,34

FONTE: o autor (2008)

As correlações genéticas entre locais dois a dois mostram valores de alta magnitude para os locais Caçador - Chapecó e Calmon - Chapecó, porém os valores observados de correlação entre Caçador - Calmon, como também para as combinações de locais realizadas com Vargem Bonita foram de baixa magnitude.

Segundo Resende (2002), uma População de Melhoramento única, com seleção de materiais estáveis (seleção pela média de locais), deve ser adotada

quando o valor da correlação genética entre locais estiver compreendido entre os valores de 0,70 e 0,90.

Desta forma, os resultados obtidos para a correlação genética entre os locais dois a dois (Tabela 29), indicam que para essa população de *E. benthamii* e o caráter avaliado, Vargem Bonita é pronunciadamente diferente dos demais locais, sugerindo o estabelecimento de uma zona de melhoramento específica para este local.

Em relação aos resultados apresentados de correlação genética entre Caçador – Calmon será realizado o estudo de produtividade, adaptabilidade e estabilidade das progênes entre cada um desses locais e Chapecó para definir se é possível agrupar em uma única zona de melhoramento esses três locais.

Souza *et al.* (1993), avaliando a interação genótipo x ambiente de 21 progênes de polinização aberta de *E. pilularis* em cinco locais do estado de São Paulo e três no estado de Minas Gerais, verificou diferentes relações entre os resultados de correlações genéticas da combinação de pares de locais. Com base nesses resultados os autores concluíram que o melhoramento desta população, intercâmbio de sementes, de informações e de material vegetativo selecionado para uso direto em pomares de sementes poderá ser praticado, considerando três zonas de melhoramento.

Pinto Júnior (2004) considerou ser possível admitir, como estratégia, uma única seleção visando estabelecer material genético melhorado comum (População Selecionada ou População de Melhoramento) ao atendimento dos três locais avaliados, visto que, os resultados das correlações genéticas de locais pareados e agrupados indicam que a interação genótipo x ambiente é baixa.

Porém, correlações genéticas aditivas de baixa magnitude entre locais foram observadas por Simeão *et al.* (2002) em todas as combinações dos três locais estudados, os autores concluíram que as famílias com melhor desempenho em um local não foram, necessariamente, as melhores nos outros locais, o que indicou ser necessário programas de melhoramento específicos para cada local, uma vez que o uso da seleção indireta (seleção em um local visando ganho em outro) implicaria menor progresso com seleção.

4.4.2 ESTUDO DE PRODUTIVIDADE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *E. benthamii*

Conforme comentado anteriormente, foi realizado o estudo de produtividade, estabilidade e adaptabilidade entre os locais Caçador – Chapecó e Calmon – Chapecó com a finalidade de identificar materiais genéticos coincidentes entre os grupos de locais que apresente adaptabilidade geral e previsibilidade alta, capazes de responder ao estímulo do ambiente e de ser estável, mantendo bom desempenho quando as condições ambientais forem desfavoráveis.

Na Tabela 30 são apresentados os ordenamentos das famílias do teste de progênie de *E. benthamii* resultantes da análise de produtividade, estabilidade e adaptabilidade entre os locais Caçador – Chapecó e Calmon – Chapecó.

TABELA 30 – ORDENAMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* RESULTANTES DA ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE LOCAIS DOIS A DOIS

ORDEM	Caçador - Chapecó	Calmon - Chapecó
1	30	30
2	10	10
3	15	12
4	6	15
5	11	28
6	13	6
7	22	13
8	28	18
9	12	1
10	27	19
11	21	32
12	23	27
13	19	3
14	1	11
15	7	7
16	31	26
17	8	8
18	3	9
19	9	21
20	5	23
21	14	5
22	29	17
23	26	24
24	17	31
25	18	22
26	32	29
27	25	25
28	16	20
29	20	14
30	24	16
31	4	4
32	2	2

FONTE: o autor (2008)

Na comparação dos ordenamentos resultantes dessas simulações de seleção, dentre as vinte e duas primeiras famílias listadas em cada análise conjunta

de local dois a dois apresentada na Tabela 30, observa-se que as coincidências de famílias pelo critério de média harmônica da performance relativas dos valores genéticos é de aproximadamente 82 % entre as combinações de locais.

Esses resultados permitem inferências seguras sobre a predição de valores genéticos, ressaltando as vantagens excepcionais de se reunir em um único critério de seleção e em uma mesma zona de melhoramento genético os atributos de produtividade, estabilidade e adaptabilidade.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 29 e na Tabela 30, foi definida que o estudo das estratégias de seleção será baseado em duas zonas de melhoramento, sendo: Zona de Melhoramento 1: Caçador, Calmon e Chapecó e Zona de Melhoramento 2: Vargem Bonita.

A seleção genética na Zona de Melhoramento 1 foi realizada com base nas informações do teste de progênies instalado em Chapecó – SC, pois foi o local que apresentou maior correlação genética entre os locais dessa zona de melhoramento.

Em função do estabelecimento dessas duas zonas de melhoramento genético, o estudo de estratégia de melhoramento genético via sexuada foi realizado sob diferentes variáveis de seleção, sendo que na Zona de melhoramento 1 a seleção será baseada nas variáveis de crescimento, resistência a geada e indicador de tensão de crescimento e na Zona de melhoramento 2 a seleção foi baseada somente nas variáveis de crescimento e resistência a geada, devido a ausência de estudo das variáveis indicadoras de tensão de crescimento nessa zona de melhoramento.

4.4.3 CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, RESISTÊNCIA A GEADA E INDICADOR DE TENSÃO DE CRESCIMENTO

Antes de se estabelecer qualquer estratégia de seleção é necessário conhecer a relação existente entre as variáveis de interesse do programa de melhoramento genético.

Assim, foi realizada a análise de correlação genética entre as variáveis de crescimento, resistência a geada e indicador de tensão de crescimento das famílias do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó – SC, os resultados das correlações são apresentados na Tabela 31.

TABELA 31 – CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE AS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO, RESISTÊNCIA A GEADA E INDICADOR DE TENSÃO DE CRESCIMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

VARIÁVEIS	DAP	Forma do fuste	V _x
DAP	1	0,03	-0,45
Forma do fuste		1	-0,02
V _x			1

FONTE: o autor (2008)

Os valores de correlações genéticas aditivas obtidas entre pares de variáveis de crescimento, resistência a geada e indicador de tensão de crescimento não são considerados altos, porém a correlação genética entre o DAP e o encurvamento do vigote da costaneira pode ser considerada moderada. Ao contrário do que parece, essa relação negativa é favorável à seleção, pois quanto maior for o encurvamento do vigote da costaneira maior é a tensão de crescimento na árvore assim, espera-se selecionar indivíduos e ou famílias com menores encurvamento do vigote da costaneira e isso acaba sendo positivamente correlacionado com o DAP.

Os resultados de correlações genéticas entre as variáveis de crescimento e resistência a geada a serem avaliados na zona de melhoramento 2 são apresentados na Tabela 12 do Capítulo 1 (0,41). Com base nesse resultado foi

possível observar que a relação entre as variáveis DAP e forma do fuste é positiva, porém não pode ser considerada forte.

4.4.4 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA SEXUADA E ASSEXUADA EM PROGÊNIES DE *E. benthamii*

4.4.4.1 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA SEXUADA EM PROGÊNIES DE *E. benthamii*

Foi estabelecida a seguinte estratégia de melhoramento genético:

Para a Zona de Melhoramento 1, foram realizadas seleções entre e dentro de famílias no teste de progênies instalado em Chapecó. Nesse local, foram selecionadas as 16 melhores famílias para as características de crescimento, resistência a geada e indicador de tensão de crescimento. Isso resultará na redução do tamanho efetivo populacional de 80 para 40.

Para a Zona de Melhoramento 2, será realizada a seleção entre e dentro de famílias no teste de progênies instalado em Vargem Bonita. A intensidade de seleção será mesma da seleção realizada no teste de progênies de Chapecó, mas, no caso de Vargem Bonita, não será considerada a variável indicador de tensão de crescimento.

Para ambos os casos, a seleção visará a formação de Pomares de Sementes por Mudanças - PSMs, conforme conceitos estabelecidos no Decreto Nº 5.153 de julho de 2004 (BRASIL, 2004). Deve ser salientado, no entanto, que essa estratégia envolvendo a seleção entre famílias deverá contribuir para melhorar a qualidade genética das sementes, mas, por outro lado, reduzirá ainda mais a variabilidade genética existente na população.

Na estratégia sugerida, a variabilidade genética deverá ser mantida no teste de progênies de *E. benthamii* instalado em Caçador e Calmon, onde será realizada apenas a seleção dentro de família, mantendo-se todas as famílias, significando um tamanho efetivo em 80. Como as famílias utilizadas são as mesmas nos diferentes locais, será possível resgatar a variabilidade genética que será perdida nos processos de seleção, em qualquer uma das zonas de melhoramento.

Namkoong (1974) considera que a redução da população pode ocasionar riscos de endogamia, diminuindo o vigor da população. Por outro lado, a pressão de seleção deve ser alta para se obter ganhos imediatos. Crow e Kimura, citados por Namkoong (1974), consideram que o potencial da população a ser melhorada em obter ganhos a médio e longo prazo é função do tamanho da população (N_e) e do coeficiente de seleção (s).

Desta maneira, é recomendável que o melhorista use uma estratégia que considere uma seleção branda e a manutenção de um N_e alto, para objetivos de longo prazo e, que considere uma seleção mais intensa mesmo que cause a redução do N_e , para objetivos de curto prazo (NAMKOONG, 1974).

A seguir são apresentados os ganhos genéticos resultantes a aplicação dos diferentes métodos de seleção realizados em cada Zona de Melhoramento.

Zona de Melhoramento 1

Como comentado anteriormente, as simulações de seleção foram realizadas com as informações do teste de progênies de *E. benthamii* instalado em Chapecó – SC, porém as estimativas realizadas da nova média e do percentual do ganho genético, como as devidas comparações foram realizadas com as informações de cada caráter no respectivo local de simulação, sempre baseada nas famílias selecionadas em Chapecó - SC.

Os ganhos genéticos ($G_s\%$) resultantes das simulações de seleção realizada no teste de progênies de *E. benthamii* instalado em Chapecó, estão apresentados na Tabela 32.

TABELA 32 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO NOS DIFERENTES MÉTODOS SIMULADOS PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, RESISTÊNCIA A GEADA E INDICADOR DE TENSÃO DE CRESCIMENTO NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ – SC

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste		V _x	
	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)
Método 1	11,799	5,001	3,857	0,698	4,763	7,517
Método 2	11,899	5,891	3,865	0,913	4,897	4,912
Método 3	11,623	3,435	3,821	-0,230	4,639	9,918
Método 4	11,519	2,510	3,857	0,698	5,249	1,923
Variável individual	11,901	5,909	3,956	3,313	4,624	10,217

GS(%) = percentual do ganho de seleção

FONTE: o autor (2008)

Os resultados apresentados na Tabela 32 indicam que os métodos combinados de seleção (métodos 1, 2 e 3) apresentam maior ganho genético que o método níveis independentes (método 4). Vale ressaltar que houve apenas uma única exceção. A variável forma apresentou menor ganho genético quando foi usado o método de seleção 3, onde as proporções utilizadas na seleção combinada conferiu maior peso para a variável indicador de tensão de crescimento.

O método de seleção 2 foi o mais eficiente para as variáveis relacionadas ao crescimento e resistência a geada. Porém, o método de seleção 3 se mostrou mais eficiente para a variável indicadora de tensão de crescimento.

Se a seleção realizada para cada variável individualmente for considerando como padrão, pode-se verificar que a variável mais prejudicada em termos percentuais, com o uso dos métodos de seleção é a forma do fuste (Tabela 32). Como essa variável apresenta baixa herdabilidade média de famílias (ou progênies), pode-se afirmar que a seleção baseada nos métodos apresentados não influirá na média dessa variável na próxima geração. É possível observar, também, que as novas médias dessa variável são bastante satisfatórias para o objetivo do programa de melhoramento.

De maneira geral o método de seleção 1 foi o método que melhor otimizou a seleção do conjunto de variáveis desejadas no programa.

Na Tabela 33 são apresentadas as estimativas da nova média e do percentual do ganho genético das variáveis DAP e forma do fuste em função dos

diferentes métodos de seleção aplicados na Zona de melhoramento 1, estimando os resultados para plantios em Caçador.

TABELA 33 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CAÇADOR – SC, BASEADO NOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO SIMULADOS PARA A ZONA DE MELHORAMENTO 1

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste	
	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)
Método 1	10,445	6,378	4,331	0,420
Método 2	10,527	7,211	4,319	0,129
Método 3	10,258	4,467	4,299	-0,332
Método 4	10,297	4,868	4,320	0,170
Variável individual	10,839	10,392	4,571	4,285

GS(%) = percentual do ganho de seleção

FONTE: o autor (2008)

O método de seleção 3 apresentou menor ganho genético e o método de seleção 1 se mostrou mais eficiente para as variáveis DAP e forma do fuste, quando avaliado o ganho para as duas variáveis conjuntamente (Tabela 33). Porém, verifica-se que o método de seleção 2 foi o método que mais conferiu ganho para a variável DAP.

Na Tabela 34 são apresentadas as estimativas da nova média e do percentual do ganho genético das variáveis DAP e forma do fuste dos diferentes métodos de seleção realizados para a zona de melhoramento 1, estimando os resultados quando plantado em Calmon.

TABELA 34 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CALMON – SC, BASEADO NOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO SIMULADOS PARA A ZONA DE MELHORAMENTO 1

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste	
	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)
Método 1	4,570	5,536	3,841	1,445
Método 2	4,453	2,829	3,798	0,308
Método 3	4,419	2,049	3,762	-0,637
Método 4	4,476	3,380	3,814	0,734
Variável individual	4,797	10,776	3,975	4,984

GS(%) = percentual do ganho de seleção

FONTE: o autor (2008)

Observa-se na Tabela 34, que a nova média e o percentual do ganho de seleção foi maior quando utilizado o método de seleção 1, porém verifica-se que ao se realizar a seleção em mais de uma variável reduz-se pela metade o ganho genético potencial estimado para o DAP e em ¼ para a forma do fuste, o que pode ser verificado com os valores do percentual do ganho genético estimado para a seleção da variável individualmente.

O método que apresentou menor eficiência na otimização do ganho genético foi o método de seleção 3. Isso pode ser explicado pela proporção do peso estabelecido para esse método, que foi maior para a variável indicadora de tensão de crescimento. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 31, essa variável não é altamente correlacionada com as demais variáveis em questão.

Para avaliar com maior clareza a magnitude das diferenças entre os ganhos genéticos estimados para cada método de seleção e o ganho genético potencial estimado para cada variável individualmente foram calculados os diferenciais da média e do percentual do ganho genético para cada variável em cada um dos locais da Zona de Melhoramento 1.

Na Tabela 35 são apresentados os diferenciais da nova média e do percentual do ganho de seleção para as variáveis DAP, forma do fuste e encurvamento do vigote da costaneira estimados nos diferentes métodos de seleção e comparados com a seleção da variável individual com base nas informações do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó.

TABELA 35 – DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE OS MÉTODOS DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste		V_x	
	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)
Método 1	-0,102	-0,854	-0,099	-2,515	0,139	-3,006
Método 2	-0,002	-0,015	-0,091	-2,302	0,273	-5,904
Método 3	-0,278	-2,339	-0,135	-3,413	0,015	-0,324
Método 4	-0,382	-3,210	-0,099	-2,515	0,625	-13,516

$D\bar{X}$ = diferencial da média entre o método de seleção e a seleção da variável individual; DGS(%) = percentual do diferencial do ganho genético entre o método de seleção e a seleção da variável individual

FONTE: o autor (2008)

Observa-se na Tabela 35 que para as variáveis DAP e encurvamento do vigote da costaneira o método de seleção que apresentou maior diferencial de ganho genético em relação ao ganho genético potencial estimado foi o método 4, porém para a forma do fuste o método de maior diferencial foi o método 3.

O método que apresentou menor diferencial de ganho genético não foi o mesmo para as três variáveis, sendo o método 2 para as variáveis DAP e forma do fuste e o método 3 para o encurvamento do vigote da costaneira. O método de seleção que mais otimizou o ganho genético em relação a seu potencial para cada variável foi o método 1, esse método estabelece a mesma proporção de peso todas variáveis.

Na Tabela 36 são apresentados os diferenciais da nova média e do percentual do ganho de seleção para as variáveis DAP e forma do fuste estimado nos diferentes métodos de seleção e comparado com a seleção da variável individual com base nas informações do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Caçador – SC

TABELA 36 – DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE OS MÉTODOS DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CAÇADOR - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste	
	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)
Método 1	-0,394	-3,635	-0,240	-5,250
Método 2	-0,312	-2,878	-0,252	-5,513
Método 3	-0,581	-5,360	-0,272	-5,951
Método 4	-0,542	-5,000	-0,251	-5,491

$D\bar{X}$ = diferencial da média entre o método de seleção e a seleção da variável individual; DGS(%) = percentual do diferencial do ganho genético entre o método de seleção e a seleção da variável individual

FONTE: o autor (2008)

Os maiores diferenciais de ganho de seleção da variável DAP e forma do fuste estimados são observados nos métodos de seleção 3 e 4, para a variável DAP o diferencial do ganho genético apresentado nesses métodos foram aproximadamente o dobro quando comparado ao diferencial de ganho genético dos demais métodos de seleção avaliados (Tabela 36), o método de seleção que

apresentou menor diferencial de ganho de seleção quando comparado ao ganho genético potencial estimado para a variável DAP foi o método 2 e para a variável forma do fuste foi o método 1, porém essa última sem grandes variações quando comparado com os demais métodos avaliados.

Na Tabela 37 são apresentados os diferenciais da nova média e do percentual do ganho de seleção para as variáveis DAP e forma do fuste estimado nos diferentes métodos de seleção e comparado com a seleção da variável individual com base nas informações do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Calmon – SC

TABELA 37 – DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE OS MÉTODOS DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CALMON - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma do fuste	
	$D \bar{X}$	DGS(%)	$D \bar{X}$	DGS(%)
Método 1	-0,227	-4,732	-0,134	-3,371
Método 2	-0,344	-7,171	-0,177	-4,453
Método 3	-0,378	-7,880	-0,213	-5,358
Método 4	-0,321	-6,692	-0,161	-4,050

$D \bar{X}$ = diferencial da média entre o método de seleção e a seleção da variável individual; DGS(%) = percentual do diferencial do ganho genético entre o método de seleção e a seleção da variável individual

FONTE: o autor (2008)

Os métodos de seleção que apresentaram maior diferencial de ganho de seleção quando comparados ao ganho de seleção potencial foram os métodos 2 e 3, os resultados de diferencial de ganho de seleção apresentados na Tabela 37 indicam que o método de seleção mais eficiente quando se pretende implantar povoamentos com o material genético selecionado para a zona de melhoramento 1 em Calmon foi o método 1.

Ao comparar os valores do diferencial de ganho de seleção observados na Tabela 36 e 37 com os valores do diferencial de ganho de seleção observados na Tabela 35, verifica-se que os valores dos diferenciais de ganho de seleção estimados para plantios em Chapecó são consideravelmente inferiores quando comparados com os diferenciais de ganho de seleção estimados para plantios em Caçador e Calmon, essa diferença observada é explicada pelo fato da seleção ter

sido realizada com base no teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó.

Nunes *et al.* (2002) constataram que as respostas correlacionadas para um ambiente quando a seleção é feita em outro, para todos os casos avaliados, os ganhos diretos foram sempre superiores aos ganhos correlacionados. Observando que os ganhos diretos com a seleção foram de 49,85% para o ambiente 1 e 54,12% para o ambiente 3, enquanto que na seleção feita no ambiente 1, o ganho indireto observado no ambiente 3 foi de 37,51%. Por outro lado, quando a seleção é feita no ambiente 3, o ganho no primeiro ambiente foi de 37,51%. Esses resultados mostram a influência da interação na resposta correlacionada e como a mesma pode ser aproveitada na seleção.

A fim de avaliar qual o método de seleção que oferece maior eficiência no ganho de seleção entre os locais da Zona de Melhoramento 1 foram somados os percentuais de ganhos de seleção estimados para cada local e método de seleção, os resultados podem ser observados na Tabela 38.

TABELA 38 – SOMA DOS GANHOS GENÉTICOS DAS VARIÁVEIS DAP E FORMA DO FUSTE NOS LOCAIS QUE INTEGRAM A ZONA DE MELHORAMENTO 1

SELEÇÃO	SOMA	
	DAP	Forma do fuste
Método 1	16,890	2,557
Método 2	15,905	1,350
Método 3	9,921	-1,199
Método 4	10,733	1,602
Variável Individual	26,676	12,582

FONTE: o autor (2008)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 38 é possível verificar que, depois da seleção realizada individualmente para cada variável em cada local (SIV), o método de seleção que apresentou maior somatório do percentual de ganho genético estimado foi o método 1. Esse método considera pesos iguais para as variáveis DAP, forma do fuste e encurvamento do vigote da costaneira. Assim, esse é o método recomendado para a realização da seleção no teste de progênie de *E. benthamii*.

Zona de melhoramento 2

Os resultados dos métodos de seleção realizados na zona de melhoramento 2 são referentes à seleção direta, pois essa zona de melhoramento é constituída somente por um local, no caso Vargem Bonita.

Na Tabela 39 são apresentadas as estimativas das novas médias e percentuais de ganho de seleção das simulações realizadas com os diferentes métodos de seleção no teste de progênies de *E. benthamii* instalado em Vargem Bonita.

TABELA 39 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO NOS DIFERENTES MÉTODOS SIMULADOS PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E RESISTÊNCIA A GEADA NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM VARGEM BONITA - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma	
	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)
Método1	10,496	9,607	4,195	5,326
Método 2	10,508	9,730	4,173	4,769
Método 4	10,440	9,026	4,207	5,613
Variável individual	10,529	9,954	4,238	6,402

GS(%) = percentual do ganho de seleção

FONTE: o autor (2008)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 39, verifica-se que para a variável DAP a variação do percentual do ganho de seleção entre os métodos estudados é baixa, mesmo em relação à seleção da variável individual, porém para a variável forma do fuste não pode ser considerada baixa. Ao analisar os valores da nova média da variável forma do fuste nos diferentes métodos de seleção verifica-se que em todas as simulações de seleção a variável é maior que 4, o que significa que a tortuosidade do fuste será em média na porção referente à ponta do mesmo, fator esse que não interfere nos objetivos do programa de melhoramento.

Dessa forma, a análise de qual método de seleção é o mais indicado para a Zona de Melhoramento 2 deve ser baseada principalmente na variável DAP. Na Tabela 40 são apresentados os diferenciais da nova média e do percentual de ganho de seleção entre os diferentes métodos de seleção simulados e da seleção

para cada variável individualmente no teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Vargem Bonita.

TABELA 40 – DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE OS MÉTODOS DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL NAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM VARGEM BONITA - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma	
	$D\bar{X}$	DGS(%)	$D\bar{X}$	DGS(%)
Método1	-0,033	-0,315	-0,043	-1,012
Método 2	-0,021	-0,204	-0,065	-1,534
Método 4	-0,089	-0,844	-0,031	-0,742

$D\bar{X}$ = diferencial da média entre o método de seleção e a seleção da variável individual; DGS(%) = percentual do diferencial do ganho genético entre o método de seleção e a seleção da variável individual

FONTE: o autor (2008)

Os valores dos diferenciais das médias e dos ganhos de seleção entre os métodos de seleção e a seleção individual por variável apresentados na Tabela 40, indicam que o método de seleção que propicia a maior eficiência de ganho de seleção para a variável DAP entre os métodos avaliados é o método 2, porém com base nos resultados apresentados na Tabela 39 e 40, recomenda-se que seja realizada a simulação da resposta de seleção na variável forma do fuste quando a seleção for realizada para a variável DAP individualmente.

4.4.4.2 ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO GENÉTICO VIA ASSEXUADA EM PROGÊNIES DE *E. benthamii*

Segundo Resende e Barbosa (2005) a estratégia de uso da propagação vegetativa maximiza a intensidade de seleção, capitaliza a heterozigose (e o efeito de dominância) e permite obter homogeneidade dos produtos.

Assim, para analisar qual o método de seleção que melhor maximiza o ganho de seleção das variáveis de interesse do melhoramento genético de *E. benthamii* para instalação de teste clonal no estado de Santa Catarina em regiões de

ocorrência de geadas e que confira um material de melhor qualidade para a indústria de serraria, foram realizadas simulações por diferentes métodos de seleção a fim de identificar os 150 indivíduos superiores com base nos valores genotípicos das variáveis DAP, forma do fuste e encurvamento do vigote da costaneira.

Os resultados da seleção dos 150 indivíduos superiores em cada método de seleção são apresentados nas Tabelas 25 e 26 do anexo. Para avaliar a eficiência dos métodos de seleção propostos foram realizadas estimativas de média e percentual do ganho de seleção dos 15 indivíduos superiores de cada método, com base nas informações do teste de progênie de *E. benthamii* instalado em Chapecó.

As estimativas das médias e percentuais do ganho de seleção dos 15 indivíduos superiores de cada método e pela seleção individual para cada variável são apresentadas na Tabela 41.

TABELA 41 – NOVA MÉDIA E PERCENTUAL DO GANHO DE SELEÇÃO DOS 15 INDIVÍDUOS SUPERIORES DO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ, BASEADO NOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO SIMULADOS

SELEÇÃO	DAP		Forma		V _x	
	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)	Nova média	GS(%)
Método1	12,345	9,828	3,916	2,249	3,996	28,888
Método 2	12,503	11,237	3,868	0,980	4,152	24,033
Método 3	12,270	9,168	3,865	0,911	3,912	31,634
Variável individual	12,560	11,745	4,092	6,842	3,830	34,461

GS(%) = percentual do ganho de seleção

FONTE: o autor (2008)

Conforme as estimativas de média e percentual de ganho de seleção apresentados na Tabela 41 para os diferentes métodos de seleção, observa-se que o método que apresentou maior otimização do ganho de seleção foi diferente para cada uma das variáveis em questão, sendo que para o DAP foi o método 2, para a forma do fuste foi o método 1 e para ao encurvamento do vigote da costaneira foi o método 3.

Para avaliar qual o método de seleção que melhor otimiza a seleção das três variáveis conjuntamente em relação ao potencial estimado de ganho de seleção pela análise das variáveis individuais foram calculados os diferenciais de média e

percentual de ganho genético entre os métodos de seleção e a seleção individual por variável, esses resultados são apresentados na Tabela 42.

TABELA 42 – ESTIMATIVAS DO DIFERENCIAL DA MÉDIA E DO PERCENTUAL DO GANHO GENÉTICO ENTRE O TIPO DE SELEÇÃO E A SELEÇÃO DA VARIÁVEL INDIVIDUAL SE PLANTADO EM CHAPECÓ - SC

SELEÇÃO	DAP		Forma		Vx	
	$D \bar{X}$	DGS(%)	$D \bar{X}$	DGS(%)	$D \bar{X}$	DGS(%)
Método1	-0,215	-1,715	-0,176	-4,299	0,166	-4,144
Método 2	-0,057	-0,454	-0,225	-5,487	0,322	-7,756
Método 3	-0,290	-2,306	-0,227	-5,551	0,082	-2,103

$D \bar{X}$ = diferencial da média entre o método de seleção e a seleção da variável individual; DGS(%) = percentual do diferencial do ganho genético entre o método de seleção e a seleção da variável individual

FONTE: o autor (2008)

De maneira geral o método que apresentou maior otimização do ganho de seleção para as três variáveis foi o método 1, o qual confere pesos iguais para as variáveis DAP, forma do fuste e encurvamento do vigote da costaneira. Esse método foi também recomendado para a seleção da estratégia de melhoramento via sexuada na zona de melhoramento 1.

Porém, ao avaliar as informações apresentadas no Capítulo 2 e na Tabela 43, observa-se que os indivíduos apresentam taxas de crescimento muito distintas entre eles e em relação aos meses do ano.

TABELA 43 – INCLINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO DO MELHOR INDIVÍDUO DE CADA FAMÍLIA AVALIADA COM OS DENDRÔMETROS DE PONTO NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CAÇADOR - SC

MÊS	Inclinação da Curva de Crescimento		Dif. de inclinação F11.8 - F24.9
	F11.8	F24.9	
Janeiro	0,632	0,751	-0,119
Fevereiro	0,311	0,655	-0,344
Março	0,306	0,408	-0,102
Abril	0,462	0,326	0,136
Maiο	0,432	0,477	-0,045
Junho	0,616	0,43	0,186
Julho	0,542	0,317	0,225
Agosto	0,487	0,239	0,248
Setembro	0,354	0,137	0,217
Outubro	0,462	0,32	0,142
Novembro	0,297	0,323	-0,026
Dezembro	0,501	0,385	0,116
Média anual	0,45	0,397	0,053
TOTAL	5,402	4,768	0,634

Dif. de inclinação F11.8 – F24.9= Diferencial de inclinação das curvas de crescimento entre os indivíduos F11.8 e F 24.9

FONTE: o autor (2008)

Com base nesses resultados apresentados na Tabela 43 verifica-se a necessidade de se instalar teste clonal no maior número de locais onde tenha ocorrência de geadas e interesse em cultivar o *E. benthamii*, pois esses resultados indicam que indivíduos superiores em um determinado local podem não ser em outro local, como também podem existir indivíduos que apresentem bom desempenho em um local restrito.

De acordo com Nunes *et al.* (2002), a significância da interação clones x ambientes indica que o comportamento dos clones não é consistente ao longo dos ambientes, revelando que os clones têm sensibilidades diferentes frente às variações ambientais, esse resultado reforça a hipótese levantada.

4.5 CONCLUSÃO

As quatro localidades onde o teste de progênes de *E. benthamii* foram instalados são agrupadas em duas zonas de melhoramento (ZM) para uso de material de sementes como material de propagação: ZM 1 - Caçador , Calmon e Chapecó ; e ZM 2 – Vargem Bonita.

O melhoramento a longo prazo pode ser baseado na seleção dentro de família (14,3%), deixando apenas uma planta por parcela, para o teste de progênes instalado em Caçador e Calmon, o que manterá um tamanho efetivo (N_e) de 80.

Para melhoramento a curto prazo, a seleção deve ser realizada para cada ZM. Para ZM 1, seleção entre (50%) e dentro (14,3%) de família no teste de progênes instalado em Chapecó, em função desse local ter apresentado alta correlação genética com as duas outras localidades dessa ZM 1. Para ZM 2, seleção entre (50%) e dentro (14,3%) de família no teste de progênes instalado em Vargem Bonita.

As variáveis de crescimento, resistência a geada e tensão de crescimento apresentaram baixa correlação genética entre si. A correlação genética negativa apresentada entre as variáveis de crescimento e tensão de crescimento (-0,45) favorece a seleção para ambas as variáveis, pois a seleção da variável indicadora de tensão de crescimento deve ser realizada para o material com menor encurvamento do vigote da costaneira.

Os métodos de seleção que melhor otimizaram o ganho genético entre as variáveis avaliadas foram: para ZM 1 é o método 1 (seleção baseada nos valores genéticos das variáveis de crescimento, resistência a geada e tensão de crescimento considerando pesos iguais para todas as variáveis). Para ZM 2 é o método 2 (seleção baseada nos valores genéticos das variáveis de crescimento, resistência a geada considerando a pesos de 0,75 para a variável de crescimento e 0,25 para a variável de resistência a geada. Deve ser salientado que para a obtenção dos ganhos estimados é importante que o PSM seja isolado contra pólen externo, os cruzamentos sejam aleatórios e em iguais proporções entre os indivíduos do pomar.

A estratégia prevê, também, a seleção individual para clonagem massal. Nesse caso, foram selecionados 150 indivíduos no teste de progênies instalado em Chapecó com base nas variáveis de crescimento, resistência a geada e tensão de crescimento. Esses indivíduos deverão ser clonados para a instalação de teste clonal em todos os locais com potencial de plantio de *E. benthamii*, pois o crescimento individual varia em função das condições ambientais. Na avaliação da otimização do ganho genético selecionando 10% dos clones no teste clonal a ser instalado em Chapecó, o método que apresentou melhor otimização foi o método 1 (seleção baseada nos valores genotípicos das variáveis de crescimento, resistência a geada e tensão de crescimento considerando pesos iguais para todas as variáveis).

5 ANEXOS

TABELA 1 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE JANEIRO DE 2007

Famílias	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,585*	-0,246	0,143	0,132	0,315	-0,710*
F11.2	0,687*	-0,312	0,073	0,026	0,473*	-0,749*
F11.3	0,746*	-0,291	0,017	0,106	0,493*	-0,744*
F11.4	0,738*	-0,328	0,057	0,054	0,512*	-0,759*
F11.5	0,725*	-0,271	0,059	0,036	0,439*	-0,791*
F11.6	0,771*	-0,386*	-0,035	-0,010	0,537*	-0,777*
F11.7	0,714*	-0,336	0,072	0,086	0,480*	-0,749*
F11.8	0,765*	-0,375*	-0,040	0,001	0,505*	-0,794*
F11.9	0,754*	-0,392*	0,009	0,035	0,549*	-0,760*
F11.10	0,629*	-0,285	0,114	0,097	0,357*	-0,726*
F24.1	0,814*	-0,342	-0,071	0,062	0,499*	-0,782*
F24.2	0,805*	-0,355*	-0,098	-0,052	0,514*	-0,797*
F24.3	0,729*	-0,296	0,048	0,074	0,460*	-0,766*
F24.4	0,722*	-0,305	0,053	0,074	0,402*	-0,770*
F24.5	0,763*	-0,302	-0,028	-0,021	0,471*	-0,817*
F24.6	0,621*	-0,224	0,141	0,068	0,341	-0,734*
F24.7	0,755*	-0,389*	-0,066	-0,024	0,505*	-0,780*
F24.8	0,697*	-0,288	0,088	0,071	0,439*	-0,769*
F24.9	0,710*	-0,309	0,052	0,040	0,454*	-0,770*
F24.10	0,678*	-0,342	0,084	0,021	0,446*	-0,777*
Média F11	0,721*	-0,327	0,049	0,059	0,471*	-0,767*
Média F24	0,740*	-0,323	0,018	0,030	0,460*	-0,787*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 2 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE FEVEREIRO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,545*	-0,243	0,150	0,057	0,320	-0,629*
F11.2	0,674*	-0,356	0,119	0,087	0,359	-0,769
F11.3	0,800*	-0,325	-0,040	-0,050	0,454*	-0,817*
F11.4	0,756*	-0,359	0,115	0,088	0,327	-0,835*
F11.5	0,751*	-0,283	0,028	-0,018	0,379*	-0,799*
F11.6	0,848*	-0,183	-0,155	-0,171	0,394*	-0,833*
F11.7	0,774*	-0,280	-0,078	-0,103	0,436*	-0,797*
F11.8	0,854*	-0,167	-0,300	-0,264	0,450*	-0,825*
F11.9	0,847*	-0,188	-0,153	-0,161	0,415*	-0,846*
F11.10	0,670*	-0,186	-0,044	-0,063	0,376*	-0,728*
F24.1	0,860*	-0,143	-0,201	-0,172	0,389*	-0,852*
F24.2	0,839*	-0,149	-0,125	-0,167	0,371	-0,830*
F24.3	0,803*	-0,097	-0,239	-0,261	0,449*	-0,793*
F24.4	0,768*	-0,157	-0,137	-0,161	0,454*	-0,755*
F24.5	0,844*	-0,055	-0,282	-0,306	0,453*	-0,795*
F24.6	0,707*	-0,126	-0,052	-0,130	0,425*	-0,721*
F24.7	0,805*	-0,221	-0,131	-0,221	0,455*	-0,824*
F24.8	0,825*	-0,102	-0,251	-0,238	0,489*	-0,802*
F24.9	0,797*	-0,204	-0,206	-0,144	0,479*	-0,821*
F24.10	0,770*	-0,267	-0,112	-0,125	0,487*	-0,823*
Média F11	0,782*	-0,257	-0,054	-0,075	0,407*	-0,816*
Média F24	0,823*	-0,155	-0,179	-0,199	0,454*	-0,821*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 3 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE MARÇO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,633*	-0,330	-0,072	-0,001	0,787*	-0,695*
F11.2	0,687*	-0,378*	-0,090	0,142	0,781*	-0,727*
F11.3	0,735*	-0,377*	-0,185	-0,003	0,826*	-0,767*
F11.4	0,760*	-0,433*	-0,188	0,020	0,806*	-0,770*
F11.5	0,740*	-0,405*	-0,192	-0,042	0,821*	-0,763*
F11.6	0,805*	-0,444*	-0,345	-0,106	0,804*	-0,798*
F11.7	0,794*	-0,469*	-0,300	-0,060	0,814*	-0,775*
F11.8	0,823*	-0,448*	-0,403*	-0,125	0,791*	-0,798*
F11.9	0,823*	-0,478*	-0,374*	-0,096	0,789*	-0,793*
F11.10	0,653*	-0,344*	-0,124	-0,078	0,815*	-0,691*
F24.1	0,804*	-0,441*	-0,415*	-0,129	0,783*	-0,780*
F24.2	0,764*	-0,389*	-0,316	-0,144	0,803*	-0,781*
F24.3	0,788*	-0,441*	-0,373*	-0,159	0,790*	-0,766*
F24.4	0,766*	-0,441*	-0,279	-0,100	0,780*	-0,758*
F24.5	0,810*	-0,451*	-0,386*	-0,163	0,766*	-0,790*
F24.6	0,660*	-0,367*	-0,114	-0,060	0,769*	-0,708*
F24.7	0,762*	-0,394*	-0,288	-0,129	0,821*	-0,761*
F24.8	0,794*	-0,472*	-0,328	-0,115	0,817*	-0,761*
F24.9	0,764*	-0,383*	-0,379*	-0,233	0,787*	-0,753*
F24.10	0,764*	-0,383*	-0,379*	-0,233	0,787*	-0,753*
Média F11	0,765*	-0,422*	-0,242	-0,045	0,822*	-0,775*
Média F24	0,780*	-0,422*	-0,329	-0,150	0,805*	-0,773*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 4 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE ABRIL DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,703*	-0,147	-0,226	-0,155	0,671*	-0,653*
F11.2	0,856*	-0,080	-0,165	0,002	0,713*	-0,800*
F11.3	0,787*	-0,203	-0,292	-0,210	0,695*	-0,700*
F11.4	0,778*	-0,126	-0,304	-0,141	0,752*	-0,659*
F11.5	0,834*	-0,130	-0,255	-0,093	0,734*	-0,765*
F11.6	0,843*	-0,246	-0,477*	-0,178	0,680*	-0,660*
F11.7	0,827*	-0,230	-0,431*	-0,234	0,757*	-0,667*
F11.8	0,833*	-0,257	-0,575*	-0,200	0,674*	-0,596*
F11.9	0,809*	-0,161	-0,436*	-0,101	0,670*	-0,637*
F11.10	0,719*	-0,147	-0,289	-0,085	0,624*	-0,617*
F24.1	0,839*	-0,216	-0,476*	-0,131	0,645*	-0,641*
F24.2	0,829*	-0,217	-0,468*	-0,130	0,628*	-0,642*
F24.3	0,776*	-0,232*	-0,479*	-0,163	0,641*	-0,597*
F24.4	0,792*	-0,128	-0,298	-0,085	0,687*	-0,680*
F24.5	0,810*	-0,220	-0,440*	-0,198	0,705*	-0,665*
F24.6	0,624*	-0,106	-0,183	-0,120	0,652*	-0,613*
F24.7	0,825*	-0,178	-0,353	-0,112	0,677*	-0,704*
F24.8	0,765*	-0,196	-0,387*	-0,158	0,683*	-0,654*
F24.9	0,823*	-0,156	-0,393*	-0,112	0,690*	-0,658*
F24.10	0,219	0,039	0,031	-0,142	0,416*	-0,176
Média F11	0,827*	-0,185	-0,374*	-0,148	0,717*	-0,691*
Média F24	0,783*	-0,171	-0,368*	-0,150	0,696*	-0,642*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 5 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE MAIO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,536*	0,418*	0,055	0,079	0,548*	-0,728*
F11.2	0,593*	0,311*	-0,045	-0,013	0,572*	-0,767*
F11.3	0,643*	0,410*	-0,058	-0,005	0,596*	-0,787*
F11.4	0,611*	0,411*	-0,037	0,024	0,573*	-0,755*
F11.5	0,626*	0,387*	-0,060	-0,009	0,584*	-0,787*
F11.6	0,602*	0,379*	-0,019	0,043	0,546*	-0,777*
F11.7	0,649*	0,446*	-0,054	-0,021	0,607*	-0,793*
F11.8	0,646*	0,425*	-0,036	0,011	0,582*	-0,791*
F11.9	0,676*	0,389*	-0,115	-0,063	0,585*	-0,828*
F11.10	0,534*	0,407*	0,052	0,067	0,535*	-0,771*
F24.1	0,683*	0,474*	-0,092	-0,034	0,617*	-0,824*
F24.2	0,694*	0,428*	-0,103	-0,064	0,587*	-0,841*
F24.3	0,687*	0,455*	-0,093	-0,033	0,616*	-0,819*
F24.4	0,562*	0,405*	0,023	0,058	0,563*	-0,754*
F24.5	0,685*	0,402*	-0,119	-0,052	0,602*	-0,822*
F24.6	0,581*	0,389*	-0,038	0,0148	0,557*	-0,791*
F24.7	0,630*	0,374*	-0,072	-0,035	0,587*	-0,799*
F24.8	0,671*	0,349	-0,116	-0,060	0,584*	-0,833*
F24.9	0,669*	0,454*	-0,094	-0,035	0,611*	-0,822*
F24.10	0,637*	0,382*	-0,075	-0,012	0,589*	-0,800*
Média F11	0,621*	0,404*	-0,034	0,01	0,580*	-0,790*
Média F24	0,654*	0,414*	-0,076	-0,023	0,597*	-0,818*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 6 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE JUNHO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,426*	-0,009	0,031	-0,013	0,600*	-0,632*
F11.2	0,622*	-0,131	0,067	0,049	0,520*	-0,740*
F11.3	0,645*	-0,072	0,082	0,044	0,532*	-0,748*
F11.4	0,630*	-0,052	0,123	0,075	0,541*	-0,732*
F11.5	0,580*	-0,012	0,119	0,098	0,579*	-0,738*
F11.6	0,646*	-0,134	0,094	0,073	0,467*	-0,754*
F11.7	0,584*	-0,072	0,096	0,059	0,466*	-0,709*
F11.8	0,694*	-0,147	0,108	0,155	0,406*	-0,739*
F11.9	0,633*	-0,075	0,098	0,066	0,523*	-0,763*
F11.10	0,424*	-0,067	0,047	0,001	0,468*	-0,641*
F24.1	0,630*	-0,086	0,065	0,044	0,519*	-0,740*
F24.2	0,621*	-0,069	0,071	0,070	0,524*	-0,750*
F24.3	0,604*	-0,067	0,101	0,102	0,493*	-0,731*
F24.4	0,546*	-0,036	0,118	0,093	0,532*	-0,715*
F24.5	0,620*	-0,048	0,082	0,079	0,562*	-0,743*
F24.6	0,405*	0,0242	0,048	0,029	0,613*	-0,657*
F24.7	0,579*	-0,087	0,050	0,009	0,515*	-0,715*
F24.8	0,609*	-0,121	0,032	0,032	0,582*	-0,740*
F24.9	0,588*	-0,067	0,113	0,084	0,479*	-0,725*
F24.10	0,601*	-0,072	0,113	0,109	0,514*	-0,740*
Média F11	0,603*	-0,082	0,09	0,063	0,516*	-0,736*
Média F24	0,588*	-0,064	0,081	0,064	0,539*	-0,735*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 7 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE JULHO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,413*	0,142	-0,013	0,084	0,448*	-0,653*
F11.2	0,530*	0,144	-0,139	-0,050	0,613*	-0,771*
F11.3	0,576*	0,173	-0,180	-0,100	0,671*	-0,777*
F11.4	0,536*	0,215	-0,107	-0,028	0,649*	-0,748*
F11.5	0,568*	0,114	-0,208	-0,125	0,593*	-0,781*
F11.6	0,553*	0,124	-0,197	-0,100	0,621*	-0,766*
F11.7	0,558*	0,108	-0,167	-0,078	0,662*	-0,760*
F11.8	0,589*	0,141	-0,204	-0,115	0,648*	-0,713*
F11.9	0,576*	0,122	-0,203	-0,115	0,616*	-0,787*
F11.10	0,443*	0,135	-0,082	0,022	0,536*	-0,724*
F24.1	0,568*	0,122	-0,195	-0,101	0,615*	-0,752*
F24.2	0,565*	0,110	-0,218	-0,125	0,591*	-0,776*
F24.3	0,526*	0,126	-0,161	-0,068	0,615*	-0,758*
F24.4	0,486*	0,161	-0,091	-0,001	0,565*	-0,742*
F24.5	0,568*	0,088	-0,216	-0,121	0,590*	-0,763*
F24.6	0,486*	0,122	-0,129	-0,054	0,481*	-0,751*
F24.7	0,544*	0,096	-0,202	-0,202	0,619*	-0,755*
F24.8	0,601*	0,065	-0,255	-0,159	0,597*	-0,778*
F24.9	0,515*	0,110	-0,160	-0,058	0,628*	-0,744*
F24.10	0,522*	0,131	-0,148	-0,059	0,611*	-0,763*
Média F11	0,545*	0,144	-0,155	-0,064	0,619*	-0,763*
Média F24	0,542*	0,115	-0,177	-0,083	0,597*	-0,765*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 8 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE AGOSTO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,361*	-0,117	-0,316	-0,371*	0,506*	-0,568*
F11.2	0,526*	-0,303	-0,441*	-0,450*	0,548*	-0,642*
F11.3	0,569*	-0,319	-0,443*	-0,420*	0,515*	-0,648*
F11.4	0,529*	-0,312	-0,408*	-0,401*	0,506*	-0,605*
F11.5	0,516*	-0,285	-0,415*	-0,374*	0,492*	-0,661*
F11.6	0,563*	-0,343	-0,414*	-0,367*	0,447*	-0,624*
F11.7	0,502*	-0,298	-0,399*	-0,390*	0,490*	-0,626*
F11.8	0,580*	-0,333	-0,439*	-0,440*	0,515*	-0,593*
F11.9	0,539*	-0,311	-0,431*	-0,389*	0,473*	-0,660*
F11.10	0,413*	-0,235	-0,368*	-0,355*	0,415*	-0,581*
F24.1	0,587*	-0,342	-0,432*	-0,366*	0,449*	-0,644*
F24.2	0,563*	-0,323	-0,433*	-0,363*	0,434*	-0,661*
F24.3	0,540*	-0,309	-0,406*	-0,385*	0,507*	-0,626*
F24.4	0,450*	-0,265	-0,364*	-0,345	0,468*	-0,603*
F24.5	0,587*	-0,333	-0,456*	-0,402*	0,496*	-0,662*
F24.6	0,350	-0,145	-0,323	-0,311	0,431*	-0,596*
F24.7	0,493*	-0,290	-0,395*	-0,383*	0,504*	-0,621*
F24.8	0,520*	-0,314	-0,436*	-0,386*	0,491*	-0,666*
F24.9	0,529*	-0,338	-0,425*	-0,417*	0,538*	-0,606*
F24.10	0,498*	-0,307	-0,407*	-0,392*	0,492*	-0,609*
Média F11	0,522*	-0,295	-0,416*	-0,402*	0,496*	-0,631*
Média F24	0,515*	-0,297	-0,411*	-0,380*	0,488*	-0,638*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 9 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE SETEMBRO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,324	-0,628*	-0,160	0,123	0,313	-0,650*
F11.2	0,376	-0,565*	-0,235	-0,052	0,329	-0,569*
F11.3	0,587*	-0,741*	-0,327	-0,157	0,357	-0,760*
F11.4	0,480*	-0,693*	-0,226	-0,012	0,351	-0,753*
F11.5	0,479*	-0,673*	-0,272	-0,092	0,393	-0,665*
F11.6	0,508*	-0,605*	-0,242	-0,152	0,380	-0,700*
F11.7	0,496*	-0,658*	-0,190	-0,113	0,335	-0,748*
F11.8	0,490*	-0,667*	-0,234	-0,109	0,335	-0,704*
F11.9	0,526*	-0,641*	-0,253	-0,157	0,393	-0,745*
F11.10	0,440*	-0,641*	-0,200	-0,078	0,441	-0,698*
F24.1	0,620*	-0,743*	-0,355	-0,182	0,404	-0,778*
F24.2	0,564*	-0,683*	-0,319	-0,131	0,431	-0,740*
F24.3	0,526*	-0,723*	-0,256	-0,123	0,425	-0,683*
F24.4	0,400	-0,636*	-0,217	-0,072	0,347	-0,639*
F24.5	0,561*	-0,744*	-0,346	-0,115	0,424	-0,710*
F24.6	0,355	-0,664*	-0,149	0,043	0,378	-0,634*
F24.7	0,489*	-0,688*	-0,241	-0,067	0,349	-0,726*
F24.8	0,477*	-0,711*	-0,224	-0,061	0,413	-0,723*
F24.9	0,488*	-0,696*	-0,285	-0,074	0,360	-0,679*
F24.10	0,492*	-0,683*	-0,331	-0,104	0,359	-0,625*
Média F11	0,487*	-0,666*	-0,241	-0,091	0,375	-0,718*
Média F24	0,500*	-0,710*	-0,273	-0,087	0,395	-0,705*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 10 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE OUTUBRO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,575*	-0,376*	0,028	0,193	0,554*	-0,335
F11.2	0,739*	-0,424*	-0,139	0,083	0,577*	-0,489*
F11.3	0,756*	-0,441*	-0,130	0,084	0,566*	-0,502*
F11.4	0,763*	-0,388*	-0,170	0,029	0,597*	-0,466*
F11.5	0,783*	-0,401*	-0,202	0,019	0,604*	-0,496*
F11.6	0,783*	-0,454*	-0,197	0,033	0,568*	-0,532*
F11.7	0,726*	-0,399*	-0,118	0,087	0,567*	-0,453*
F11.8	0,749*	-0,434*	-0,164	0,048	0,577*	-0,484*
F11.9	0,781*	-0,424*	0,211	0,022	0,551*	-0,535*
F11.10	0,646*	-0,347	-0,070	0,124	0,524*	-0,381*
F24.1	0,746*	-0,437*	-0,206	0,076	0,516*	-0,506*
F24.2	0,783*	-0,433*	-0,211	0,011	0,561*	-0,517*
F24.3	0,732*	-0,431*	-0,162	0,057	0,578*	-0,471*
F24.4	0,587*	-0,313	-0,011	0,180	0,523*	-0,316
F24.5	0,762*	-0,478*	-0,168	0,064	0,561*	-0,532*
F24.6	0,716*	-0,276*	-0,136	0,045	0,554*	-0,482*
F24.7	0,736*	-0,451*	-0,143	0,089	0,561*	-0,472*
F24.8	0,714*	-0,450*	-0,107	0,109	0,568*	-0,481*
F24.9	0,753*	-0,444*	-0,168	0,061	0,588*	-0,482*
F24.10	0,729*	-0,438*	-0,136	0,087	0,575*	-0,487*
Média F11	0,743*	-0,415*	-0,144	0,071	0,575*	-0,477*
Média F24	0,733*	-0,418*	-0,142	0,085	0,567*	-0,475*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 11 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE NOVEMBRO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,501*	-0,085	-0,129	-0,211	0,691*	-0,734*
F11.2	0,685*	-0,214	-0,255	-0,342	0,739*	-0,863*
F11.3	0,708*	-0,218	-0,260	-0,383*	0,766*	-0,871*
F11.4	0,691*	-0,183	-0,239	-0,371*	0,759*	-0,852*
F11.5	0,706*	-0,204	-0,276	-0,371*	0,767*	-0,865*
F11.6	0,707*	-0,231	-0,273	-0,373*	0,751*	-0,875*
F11.7	0,643*	-0,145	-0,182	-0,320	0,717*	-0,845*
F11.8	0,679*	-0,191	-0,241	-0,364*	0,750*	-0,859*
F11.9	0,682*	-0,177	-0,228	-0,364*	0,733*	-0,869*
F11.10	0,592*	-0,137	-0,158	-0,226	0,680*	-0,814*
F24.1	0,661*	-0,160	-0,199	-0,340	0,725*	-0,859*
F24.2	0,693*	-0,196	-0,257	-0,341	0,730*	-0,873*
F24.3	0,666*	-0,178	-0,230	-0,317	0,736*	-0,855*
F24.4	0,559*	-0,087	-0,115	-0,213	0,669*	-0,802*
F24.5	0,724*	-0,240	-0,303	-0,366*	0,759*	-0,883*
F24.6	0,642*	-0,152	-0,224	-0,309	0,731*	-0,840*
F24.7	0,649*	-0,194	-0,218	-0,296	0,726*	-0,844*
F24.8	0,658*	-0,173	-0,239	-0,324	0,748*	-0,845*
F24.9	0,639*	-0,165	-0,193	-0,309	0,734*	-0,839*
F24.10	0,663*	-0,205	-0,238	-0,304	0,735*	-0,853*
Média F11	0,668*	-0,182	-0,228	-0,338	0,742*	-0,855*
Média F24	0,654*	-0,173	-0,218	-0,309	0,730*	-0,851*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 12 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÕES ENTRE A INCLINAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES DAS FAMÍLIAS 11 E 24 COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO MÊS DE DEZEMBRO DE 2007

ÁRVORE	Umidade	Temperatura	Tens 30	Tens 60	Precipitação	Horas de Insolação
F11.1	0,312	-0,106	-0,028	0,026	0,475*	-0,512*
F11.2	0,740*	-0,264	-0,408*	-0,216	0,688*	-0,847*
F11.3	0,793*	-0,302	-0,481*	-0,312	0,728*	-0,879*
F11.4	0,765*	-0,244	-0,402*	-0,236	0,659*	-0,874*
F11.5	0,761*	-0,320	-0,404*	-0,252	0,665*	-0,849*
F11.6	0,780*	-0,253	-0,461*	-0,230	0,684*	-0,875*
F11.7	0,715*	-0,211	-0,392*	-0,212	0,677*	-0,832*
F11.8	0,788*	-0,295	-0,497*	-0,287	0,703*	-0,875*
F11.9	0,730*	-0,235	-0,401*	-0,213	0,690*	-0,857*
F11.10	0,622*	-0,265	-0,271	-0,148	0,563*	-0,746*
F24.1	0,783*	-0,296	-0,452*	-0,274	0,675*	-0,878*
F24.2	0,795*	-0,288	-0,476*	-0,270	0,662*	-0,875*
F24.3	0,732*	-0,265	-0,402*	-0,205	0,641*	-0,833*
F24.4	0,599*	-0,232	-0,249	-0,145	0,535*	-0,725*
F24.5	0,766*	-0,300	-0,423*	-0,215	0,651*	-0,855*
F24.6	0,597*	-0,270	-0,235	-0,106	0,506*	-0,700*
F24.7	0,733*	-0,271	-0,432*	-0,220	0,656*	-0,827*
F24.8	0,707*	-0,296	-0,389*	-0,209	0,647*	-0,811*
F24.9	0,732*	-0,237	-0,391*	-0,220	0,640*	-0,851*
F24.10	0,742*	-0,278	-0,394*	-0,244	0,633*	-0,842*
Média F11	0,738*	-0,263	-0,402*	-0,225	0,678*	-0,850*
Média F24	0,730*	-0,276	-0,390*	-0,215	0,635*	-0,834*

*significativamente diferente a 5% de probabilidade

FONTE: o autor (2008)

TABELA 13 – ORDENAMENTO DAS FAMÍLIAS DO TESTE DE PROGÊNIE DE *E. benthamii* NOS DIFERENTES LOCAIS COM BASE NOS VALORES GENÉTICOS NA VARIÁVEL DAP

ORDEM	Caçador	Calmon	Chapecó	Vargem Bonita
1	11	18	30	29
2	30	12	10	32
3	15	28	6	10
4	10	10	15	4
5	31	32	27	30
6	22	15	13	28
7	6	30	1	31
8	8	24	28	3
9	14	13	12	27
10	28	6	19	22
11	7	19	21	15
12	23	9	23	6
13	21	8	22	23
14	13	17	3	17
15	12	3	11	24
16	9	7	7	26
17	19	1	26	18
18	3	5	32	7
19	5	11	5	20
20	27	26	8	11
21	29	20	9	12
22	1	31	18	5
23	17	27	17	9
24	26	4	29	1
25	16	29	25	2
26	18	21	31	14
27	20	25	14	25
28	25	23	16	13
29	4	14	20	19
30	32	16	24	16
31	24	22	2	8
32	2	2	4	21

FONTE: o autor (2008)

TABELA 14 – IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO E PELA SELEÇÃO INDIVIDUAL POR VARIÁVEL COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC PARA PLANTIO NA ZONA DE MELHORAMENTO 1

ORDEM	Famílias					
	Individuais			Método 1	Método 2	Método 3
	DAP	Forma do fuste	Vx			
1	30	15	14	15	15	15
2	10	24	9	6	6	6
3	6	21	18	30	30	3
4	15	16	21	13	13	30
5	27	26	29	3	1	13
6	13	2	17	1	10	23
7	1	18	1	23	3	1
8	28	20	11	21	27	31
9	12	22	26	26	23	21
10	19	19	30	27	21	26
11	21	1	23	10	28	11
12	23	10	13	28	12	27
13	22	28	31	11	11	28
14	3	6	3	12	26	17
15	11	9	6	31	19	29
16	7	12	15	18	22	18

FONTE: o autor (2008)

TABELA 15 – ORDENAMENTO DAS FAMÍLIAS DE *E. benthamii* SELECIONADAS PARA CADA VARIÁVEL NO MÉTODO DE SELEÇÃO 4 NA ZONA DE MELHORAMENTO DOIS

SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE FAMÍLIA		
MHPRVG	V _x	Forma do fuste
1	1	1
3	5	5
5	7	7
6	8	8
7	9	9
8	10	10
9	11	11
10	12	12
11	13	13
12	18	18
13	19	19
15	21	21
18	22	22
19	23	23
21	26	26
22	27	28
23	28	
26	30	
27		
28		
30		
31		

FONTE: o autor (2008)

TABELA 16 – IDENTIFICAÇÃO E VALORES GENÉTICO ADITIVO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELO MÉTODOS 4 DE SELEÇÃO COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC PARA PLANTIO NA ZONA DE MELHORAMENTO 1

FAMÍLIA	Método 4		
	DAP	Forma do fuste	V _x
1	0,776	0,062	-0,353
5	-0,213	-0,131	0,449
7	0,062	-0,082	0,625
8	-0,227	-0,042	0,945
9	-0,327	0,027	-0,023
10	1,395	0,055	0,958
11	0,113	-0,087	-0,392
12	0,494	0,013	0,332
13	0,830	-0,126	-0,819
18	-0,340	0,136	-0,148
19	0,468	0,064	0,705
21	0,383	0,229	-0,246
22	0,165	0,065	0,386
23	0,329	0,012	-0,597
26	-0,012	0,178	-0,418
28	0,575	0,054	0,177

FONTE: o autor (2008)

TABELA 17 – VALORES GENÉTICO ADITIVO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELA SELEÇÃO INDIVIDUAL POR VARIÁVEL COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC PARA PLANTIO NA ZONA DE MELHORAMENTO 1

ORDEM	Individuais		
	DAP	Forma do fuste	Vx
1	1,558	0,342	0,174
2	1,395	0,291	-0,023
3	1,303	0,229	-0,148
4	1,124	0,226	-0,246
5	0,925	0,178	-0,336
6	0,830	0,175	-0,353
7	0,776	0,136	-0,353
8	0,575	0,086	-0,392
9	0,494	0,065	-0,418
10	0,468	0,064	-0,507
11	0,383	0,062	-0,597
12	0,329	0,055	-0,819
13	0,165	0,054	-0,907
14	0,122	0,027	-1,139
15	0,113	0,027	-1,161
16	0,062	0,013	-1,197

FONTE: o autor (2008)

TABELA 18 – VALORES GENÉTICO ADITIVO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC PARA PLANTIO NA ZONA DE MELHORAMENTO 1

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
1	1,124	0,342	-1,970	1,124	0,342	-1,970	1,124	0,342	-1,970
2	1,303	0,027	-1,160	1,303	0,027	-1,160	1,303	0,027	-1,160
3	1,558	-0,133	-0,507	1,558	-0,133	-0,507	0,122	-0,060	-1,380
4	0,830	-0,126	-0,819	0,830	-0,126	-0,819	1,558	-0,133	-0,507
5	0,122	-0,060	-1,380	0,776	0,062	-0,353	0,830	-0,126	-0,819
6	0,776	0,062	-0,353	1,395	0,055	0,958	0,329	0,012	-0,597
7	0,329	0,012	-0,597	0,122	-0,060	-1,380	0,776	0,062	-0,353
8	0,383	0,229	-0,246	0,925	-0,136	0,220	-0,625	-0,143	-0,907
9	-0,012	0,178	-0,418	0,329	0,012	-0,597	0,383	0,229	-0,246
10	0,925	-0,136	0,220	0,383	0,229	-0,246	-0,012	0,178	-0,418
11	1,395	0,055	0,958	0,575	0,054	0,177	0,113	-0,087	-0,392
12	0,575	0,054	0,177	0,494	0,013	0,332	0,925	-0,136	0,220
13	0,113	-0,087	-0,392	0,113	-0,087	-0,392	0,575	0,054	0,177
14	0,494	0,013	0,332	-0,012	0,178	-0,418	-0,424	-0,409	-0,353
15	-0,625	-0,143	-0,907	0,468	0,064	0,705	-0,514	-0,088	-0,336
16	1,124	0,342	-1,970	1,124	0,342	-1,970	1,124	0,342	-1,970

FONTE: o autor (2008)

TABELA 19 – VALORES GENÉTICO ADITIVO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELA SELEÇÃO INDIVIDUAL POR VARIÁVEL COM BASE NA SELEÇÃO PARA A ZONA DE MELHORAMENTO 1 E NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CAÇADOR - SC

ORDEM	Variável individual			
	DAP		Forma do fuste	
	Família	Valor genético aditivo	Família	Valor genético aditivo
1	11	1,999	4	0,401
2	30	1,685	3	0,387
3	15	1,668	9	0,329
4	10	1,455	16	0,323
5	31	1,401	27	0,312
6	22	1,363	20	0,263
7	6	1,225	21	0,257
8	8	0,775	28	0,229
9	14	0,743	12	0,125
10	28	0,680	15	0,113
11	7	0,658	24	0,102
12	23	0,563	10	0,078
13	21	0,562	29	0,032
14	13	0,555	23	0,028
15	12	0,532	8	0,025
16	9	0,463	13	0,002

FONTE: o autor (2008)

TABELA 20 – VALORES GENÉTICO ADITIVO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO COM BASE NA SELEÇÃO PARA A ZONA DE MELHORAMENTO 1 E NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CAÇADOR - SC

ORDEM	Método 1		Método 2		Método 3		Método 4	
	DAP	Forma do fuste						
1	1,668	0,113	1,668	0,113	1,668	0,113	-0,277	-0,033
2	1,225	-0,054	1,225	-0,054	1,225	-0,054	0,033	-0,051
3	1,685	-0,604	1,685	-0,604	0,061	0,387	0,658	-0,077
4	0,555	0,002	0,555	0,002	1,685	-0,604	0,775	0,025
5	0,061	0,387	-0,277	-0,033	0,555	0,002	0,463	0,329
6	-0,277	-0,033	1,455	0,078	0,563	0,028	1,455	0,078
7	0,563	0,028	0,061	0,387	-0,277	-0,033	1,999	-0,097
8	0,562	0,257	-0,094	0,312	1,401	-0,218	0,532	0,125
9	-0,930	-0,192	0,563	0,028	0,562	0,257	0,555	0,002
10	-0,094	0,312	0,562	0,257	-0,930	-0,192	-1,064	-0,043
11	1,455	0,078	0,680	0,229	1,999	-0,097	0,282	-0,179
12	0,680	0,229	0,532	0,125	-0,094	0,312	0,562	0,257
13	1,999	-0,097	1,999	-0,097	0,680	0,229	1,363	-0,282
14	0,532	0,125	-0,930	-0,192	-0,903	-0,349	0,563	0,028
15	1,401	-0,218	0,282	-0,179	-0,114	0,032	-0,930	-0,192
16	-1,064	-0,043	1,363	-0,282	-1,064	-0,043	0,680	0,229

FONTE: o autor (2008)

TABELA 21 – VALORES GENÉTICO ADITIVO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELA SELEÇÃO INDIVIDUAL POR VARIÁVEL COM BASE NA SELEÇÃO PARA A ZONA DE MELHORAMENTO 1 E NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CALMON - SC

ORDEM	Variável individual			
	DAP		Forma do fuste	
	Família	Valor genético aditivo	Família	Valor genético aditivo
1	18	1,353	8	0,477
2	12	1,208	4	0,275
3	28	1,012	1	0,246
4	10	0,763	10	0,242
5	32	0,719	12	0,233
6	15	0,572	26	0,213
7	30	0,565	31	0,213
8	24	0,490	24	0,205
9	13	0,276	9	0,191
10	6	0,229	3	0,147
11	19	0,188	16	0,146
12	9	0,087	20	0,135
13	8	0,046	28	0,114
14	17	0,034	18	0,085
15	3	-0,035	27	0,068
16	7	-0,042	21	0,030

FONTE: o autor (2008)

TABELA 22 – VALORES GENÉTICO ADITIVO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO COM BASE NA SELEÇÃO PARA A ZONA DE MELHORAMENTO 1 E NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CALMON - SC

ORDEM	Método 1		Método 2		Método 3		Método 4	
	DAP	Forma do fuste						
1	0,572	-0,147	0,572	-0,147	0,572	-0,147	-0,053	0,2457
2	0,229	0,006	0,229	0,006	0,229	0,006	-0,068	-0,3808
3	0,565	0,020	0,565	0,020	-0,035	0,147	-0,042	-0,0173
4	0,276	-0,296	0,276	-0,296	0,565	0,020	0,046	0,4768
5	-0,035	0,147	-0,053	0,246	0,276	-0,296	0,087	0,1914
6	-0,053	0,246	0,763	0,242	-0,652	-0,054	0,763	0,2423
7	-0,652	-0,054	-0,035	0,147	-0,053	0,246	-0,089	-0,2445
8	-0,525	0,030	-0,338	0,068	-0,254	0,213	1,208	0,2326
9	-0,197	0,213	-0,652	-0,054	-0,525	0,030	0,276	-0,2956
10	-0,338	0,068	-0,525	0,030	-0,197	0,213	1,353	0,0848
11	0,763	0,242	1,012	0,114	-0,089	-0,245	0,188	-0,1742
12	1,012	0,114	1,208	0,233	-0,338	0,068	-0,525	0,03
13	-0,089	-0,245	-0,089	-0,245	1,012	0,114	-0,964	-0,2166
14	1,208	0,233	-0,197	0,213	0,034	-0,680	-0,652	-0,0536
15	-0,254	0,213	0,188	-0,174	-0,478	-0,106	-0,197	0,2133
16	1,353	0,085	-0,964	-0,217	1,353	0,085	1,012	0,1136

FONTE: o autor (2008)

TABELA 23 – IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS SELECIONADAS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM VARGEM BONITA - SC PARA PLANTIO NA ZONA DE MELHORAMENTO 2

ORDEM	Individual	Método 1	Método 2	Método 4	
				DAP	Forma do fuste
1	29	29	29	29	4
2	32	4	32	32	30
3	10	10	10	10	6
4	4	32	4	4	10
5	30	30	30	30	20
6	28	28	28	28	27
7	31	3	31	3	15
8	3	6	3	27	24
9	27	27	27	22	7
10	22	31	6	15	3
11	15	15	15	6	23
12	6	24	22	23	28
13	23	22	23	24	29
14	17	23	24	18	22
15	24	20	18	7	18
16	26	7	7	20	32

FONTE: o autor (2008)

TABELA 24 –VALORES GENÉTICO ADITIVO DAS FAMÍLIAS SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM VARGEM BONITA - SC PARA PLANTIO NA ZONA DE MELHORAMENTO 2

ORDEM	Seleção individual		Método 1		Método 2		Método 4	
	DAP	Forma do fuste	DAP	Forma do fuste	DAP	Forma do fuste	DAP	Forma do fuste
1	2,206	0,752	2,261	2,2614	1,668	1,668	2,206	0,752
2	2,129	0,565	2,200	2,1999	1,579	1,579	2,129	0,565
3	1,761	0,444	2,094	2,094	1,404	1,404	1,761	0,444
4	1,448	0,349	2,058	2,0579	1,274	1,274	1,448	0,333
5	1,422	0,333	1,987	1,9867	1,208	1,208	1,422	0,324
6	1,079	0,324	1,181	1,1806	0,835	0,835	1,079	0,231
7	1,033	0,231	0,923	0,9232	0,721	0,721	0,810	0,218
8	0,810	0,218	0,916	0,9164	0,636	0,636	0,606	0,209
9	0,606	0,209	0,837	0,8367	0,512	0,512	0,513	0,191
10	0,513	0,191	0,819	0,8193	0,465	0,465	0,501	0,114
11	0,501	0,114	0,719	0,7188	0,430	0,430	0,473	0,105
12	0,473	0,105	0,551	0,5507	0,394	0,394	0,389	0,101
13	0,389	0,101	0,549	0,5492	0,318	0,318	0,342	0,056
14	0,347	0,058	0,493	0,4933	0,309	0,309	0,142	0,037
15	0,342	0,056	0,278	0,2784	0,099	0,099	0,056	-0,030
16	0,187	0,037	0,247	0,2474	0,090	0,090	-0,046	-0,072

FONTE: o autor (2008)

TABELA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore
1	5	15	3	5	30	6	5	15	3
2	5	30	6	5	15	3	5	30	6
3	3	10	4	3	10	4	3	10	4
4	5	15	4	4	30	6	6	15	4
5	6	15	4	6	6	5	1	15	4
6	6	6	5	4	6	5	6	3	6
7	1	15	4	4	10	6	5	15	4
8	4	30	6	3	13	4	4	6	5
9	4	6	5	1	15	4	6	6	5
10	1	23	4	5	27	7	3	13	4
11	3	13	4	5	10	5	6	13	5
12	5	27	7	5	15	4	1	13	4
13	6	3	6	5	6	3	5	6	5
14	3	15	6	1	23	4	5	11	1
15	5	30	5	5	30	5	4	30	6
16	5	6	5	3	1	7	1	23	4
17	5	6	3	1	13	4	3	1	7
18	1	13	4	6	15	4	3	18	4
19	4	10	6	6	1	2	5	27	7
20	3	18	4	3	30	1	5	13	7

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore
21	3	1	7	6	30	1	3	15	6
22	3	30	1	4	27	3	3	3	7
23	5	10	5	1	30	5	6	6	1
24	5	11	1	6	30	2	5	6	3
25	6	13	5	6	12	1	3	30	1
26	6	12	1	4	23	7	5	28	1
27	4	23	7	6	27	2	1	31	6
28	6	1	2	5	6	7	2	24	5
29	2	24	5	2	24	5	5	31	6
30	4	15	2	5	11	1	6	1	2
31	3	21	4	5	6	5	5	30	5
32	5	13	7	4	30	3	1	3	7
33	3	3	7	6	13	5	1	6	4
34	1	6	4	3	30	2	4	23	7
35	4	6	3	3	6	2	4	10	6
36	5	28	1	3	3	7	6	12	1
37	6	30	1	4	15	2	4	6	3
38	3	6	2	3	18	4	5	10	5
39	6	21	6	5	13	7	4	13	2
40	4	27	3	3	15	6	6	31	6

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore
41	6	15	6	3	21	4	4	15	2
42	6	6	1	1	6	4	3	21	4
43	6	27	2	6	3	6	1	26	1
44	5	23	4	4	6	3	1	3	1
45	1	3	1	4	10	2	5	6	6
46	3	1	3	5	6	6	1	31	2
47	5	6	6	5	23	4	3	6	2
48	4	30	3	1	30	2	6	11	5
49	1	30	5	5	28	1	3	1	3
50	5	6	7	1	19	6	5	7	4
51	5	31	6	6	15	6	4	30	3
52	4	13	2	4	13	2	1	19	6
53	1	19	6	6	6	1	6	21	6
54	1	26	1	7	32	1	5	23	4
55	1	3	7	6	21	6	1	30	6
56	6	31	6	4	17	3	1	9	7
57	6	11	5	4	13	6	6	29	4
58	1	30	2	3	1	3	6	30	1
59	6	11	1	6	21	1	4	17	3
60	7	32	1	2	26	3	1	6	5

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore
61	4	7	3	1	3	1	3	20	4
62	1	6	5	1	1	2	5	1	3
63	2	26	3	1	6	5	6	15	6
64	5	21	3	4	7	3	1	30	2
65	3	18	6	6	11	1	7	9	5
66	5	15	7	4	28	6	6	27	2
67	6	30	2	3	27	1	4	26	7
68	7	9	5	1	30	6	5	6	7
69	3	30	2	6	28	6	3	29	7
70	1	30	6	1	3	7	3	18	6
71	3	15	3	1	26	1	4	27	3
72	4	26	7	5	31	6	1	28	5
73	5	15	1	3	19	4	6	11	1
74	1	12	4	1	12	4	5	27	6
75	4	17	3	3	1	1	1	12	4
76	1	10	2	5	15	1	1	3	3
77	3	19	2	5	1	3	3	15	3
78	1	1	2	1	28	5	4	12	2
79	1	28	5	5	21	3	4	3	6
80	4	28	6	4	26	7	5	15	1

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore
81	1	9	7	3	23	6	7	32	1
82	4	13	6	6	11	5	4	28	6
83	5	7	4	3	19	2	1	3	4
84	3	1	1	1	10	2	1	30	5
85	4	10	2	5	12	1	3	3	6
86	5	1	3	1	9	7	3	27	1
87	1	18	4	5	15	7	4	7	3
88	6	21	1	6	31	6	5	5	6
89	3	27	1	1	22	6	1	10	2
90	3	21	7	3	18	6	6	21	5
91	3	19	4	7	9	5	3	19	2
92	6	29	4	4	8	5	1	5	6
93	1	31	2	6	23	1	4	5	1
94	4	8	5	3	30	7	4	17	5
95	7	9	4	1	18	4	2	26	5
96	3	20	4	7	9	4	3	30	7
97	6	23	1	3	29	7	6	21	1
98	3	29	7	3	21	7	2	26	3
99	6	21	5	3	15	3	3	30	2
100	5	12	1	6	21	5	5	15	7

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore
101	6	28	6	6	27	1	5	21	3
102	3	30	7	5	7	4	6	30	2
103	5	27	6	4	27	2	1	23	3
104	1	3	4	4	12	2	1	18	4
105	1	22	6	1	28	7	6	23	7
106	4	12	2	1	10	4	5	12	1
107	4	26	6	1	5	6	4	26	6
108	3	23	6	5	27	6	7	9	4
109	4	3	6	3	13	7	3	21	7
110	2	26	5	1	7	7	6	14	4
111	1	31	6	1	3	4	3	2	3
112	1	5	6	4	3	6	3	1	1
113	5	5	6	4	5	1	6	23	1
114	4	28	4	4	26	6	4	8	5
115	4	5	1	6	29	4	6	28	6
116	3	2	3	3	20	4	4	26	1
117	3	3	6	3	12	6	3	13	7
118	1	23	3	5	19	4	4	13	6
119	1	3	3	6	8	5	1	1	2
120	5	19	4	1	31	2	3	14	4

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore
121	1	28	7	5	5	6	3	12	3
122	4	17	5	4	27	7	4	10	2
123	3	26	4	4	12	7	3	31	5
124	1	15	3	6	30	7	1	28	7
125	1	7	7	1	22	3	4	28	4
126	3	13	7	4	17	5	1	29	2
127	4	27	2	3	3	6	3	19	4
128	6	23	7	2	26	5	4	32	5
129	6	27	1	4	28	4	1	9	6
130	6	8	5	4	27	5	5	19	4
131	1	10	4	5	10	4	1	22	3
132	3	12	3	3	26	4	1	22	6
133	1	22	3	3	12	3	4	25	6
134	1	9	6	1	27	1	3	26	4
135	3	28	1	4	13	1	4	29	1
136	6	30	7	1	23	3	1	27	1
137	4	27	7	6	23	7	1	15	3
138	4	32	5	5	22	5	4	27	7
139	5	16	3	3	28	1	4	29	6
140	1	27	1	3	19	6	3	23	6

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore	Bloco	Família	Árvore
141	4	29	6	1	3	3	4	17	7
142	3	14	4	5	7	1	1	7	7
143	4	12	7	3	5	1	1	9	5
144	6	14	4	4	7	2	5	16	3
145	7	9	6	4	5	7	1	11	7
146	4	25	6	1	9	6	4	14	2
147	6	23	2	4	32	5	3	29	3
148	3	31	5	6	27	6	6	30	7
149	5	29	7	3	27	2	4	27	2
150	4	29	1	7	9	6	3	28	1

FONTE: o autor (2008)

TABELA 26 – VALORES GENOTÍPICOS DAS VARIÁVEIS DAP, FORMA DO FUSTE E ENCURVAMENTO DO VIGOTE DA COSTANEIRA DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
1	1,518	0,299	-1,520	1,769	-0,121	-1,447	1,518	0,299	-1,520
2	1,769	-0,121	-1,447	1,518	0,299	-1,520	1,769	-0,121	-1,447
3	1,585	0,051	-1,289	1,585	0,051	-1,289	1,585	0,051	-1,289
4	0,925	0,299	-1,193	1,345	0,088	-0,802	0,625	0,237	-1,547
5	0,625	0,237	-1,547	1,259	0,110	-0,963	0,947	0,050	-1,321
6	1,259	0,110	-0,963	1,137	-0,073	-1,134	0,328	0,064	-1,575
7	0,947	0,050	-1,321	1,454	-0,067	-0,496	0,925	0,299	-1,193
8	1,345	0,088	-0,802	1,115	-0,150	-1,061	1,137	-0,073	-1,134
9	1,137	-0,073	-1,134	0,947	0,050	-1,321	1,259	0,110	-0,963
10	1,040	0,140	-0,928	1,197	-0,081	-0,856	1,115	-0,150	-1,061
11	1,115	-0,150	-1,061	1,317	-0,048	-0,549	0,629	-0,165	-1,274
12	1,197	-0,081	-0,856	0,925	0,299	-1,193	0,945	-0,145	-1,083
13	0,328	0,064	-1,575	1,164	-0,045	-0,781	0,645	0,070	-1,189
14	0,605	0,268	-1,050	1,040	0,140	-0,928	0,685	-0,092	-1,168
15	1,176	0,109	-0,630	1,176	0,109	-0,630	1,345	0,088	-0,802
16	0,645	0,070	-1,189	0,991	-0,098	-0,982	1,040	0,140	-0,928
17	1,164	-0,045	-0,781	0,945	-0,145	-1,083	0,991	-0,098	-0,982
18	0,945	-0,145	-1,083	0,625	0,237	-1,547	0,594	0,165	-1,121
19	1,454	-0,067	-0,496	1,036	-0,100	-0,736	1,197	-0,081	-0,856
20	0,594	0,165	-1,121	0,852	0,070	-0,901	0,653	-0,118	-1,092

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 26 – VALORES GENOTÍPICOS DAS VARIÁVEIS DAP, FORMA DO FUSTE E ENCURVAMENTO DO VIGOTE DA COSTANEIRA DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
21	0,991	-0,098	-0,982	1,079	0,050	-0,441	0,605	0,268	-1,050
22	0,852	0,070	-0,901	1,121	0,069	-0,316	0,730	-0,140	-1,036
23	1,317	-0,048	-0,549	1,202	0,078	-0,148	0,444	-0,119	-1,168
24	0,685	-0,092	-1,168	1,301	-0,179	-0,033	1,164	-0,045	-0,781
25	0,629	-0,165	-1,274	0,892	0,094	-0,742	0,852	0,070	-0,901
26	0,892	0,094	-0,742	0,889	0,030	-0,768	0,527	-0,026	-1,077
27	0,889	0,030	-0,768	1,066	0,031	-0,395	-0,517	-0,378	-1,632
28	1,036	-0,100	-0,736	1,090	-0,045	-0,372	0,818	-0,071	-0,910
29	0,818	-0,071	-0,910	0,818	-0,071	-0,910	0,278	0,002	-1,119
30	0,833	0,068	-0,748	0,685	-0,092	-1,168	1,036	-0,100	-0,736
31	0,776	0,102	-0,757	0,645	0,070	-1,189	1,176	0,109	-0,630
32	0,653	-0,118	-1,092	0,974	-0,141	-0,597	0,329	-0,124	-1,090
33	0,730	-0,140	-1,036	0,629	-0,165	-1,274	0,733	0,022	-0,861
34	0,733	0,022	-0,861	1,222	-0,160	-0,083	0,889	0,030	-0,768
35	0,692	0,041	-0,848	0,906	0,025	-0,638	1,454	-0,067	-0,496
36	0,527	-0,026	-1,077	0,730	-0,140	-1,036	0,892	0,094	-0,742
37	1,079	0,050	-0,441	0,833	0,068	-0,748	0,692	0,041	-0,848
38	0,906	0,025	-0,638	0,594	0,165	-1,121	1,317	-0,048	-0,549
39	0,606	0,221	-0,693	0,653	-0,118	-1,092	0,576	-0,161	-0,938
40	1,121	0,069	-0,316	0,605	0,268	-1,050	0,146	0,042	-1,107

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 26 – VALORES GENOTÍPICOS DAS VARIÁVEIS DAP, FORMA DO FUSTE E ENCURVAMENTO DO VIGOTE DA COSTANEIRA DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
41	0,699	0,237	-0,566	0,776	0,102	-0,757	0,833	0,068	-0,748
42	0,444	-0,119	-1,168	0,733	0,022	-0,861	0,776	0,102	-0,757
43	1,066	0,031	-0,395	0,328	0,064	-1,575	0,356	-0,015	-0,978
44	0,776	0,077	-0,621	0,692	0,041	-0,848	0,477	0,105	-0,886
45	0,477	0,105	-0,886	1,157	-0,067	0,076	0,719	-0,045	-0,781
46	0,547	0,131	-0,778	0,719	-0,045	-0,781	-0,146	-0,148	-1,223
47	0,719	-0,045	-0,781	0,776	0,077	-0,621	0,906	0,025	-0,638
48	0,974	-0,141	-0,597	0,832	-0,152	-0,557	0,273	0,053	-0,935
49	1,202	0,078	-0,148	0,527	-0,026	-1,077	0,547	0,131	-0,778
50	1,090	-0,045	-0,372	0,672	-0,071	-0,730	0,061	-0,076	-1,050
51	0,278	0,002	-1,119	0,699	0,237	-0,566	0,974	-0,141	-0,597
52	0,576	-0,161	-0,938	0,576	-0,161	-0,938	0,672	-0,071	-0,730
53	0,672	-0,071	-0,730	0,444	-0,119	-1,168	0,606	0,221	-0,693
54	0,356	-0,015	-0,978	0,820	0,012	-0,366	0,776	0,077	-0,621
55	0,329	-0,124	-1,090	0,606	0,221	-0,693	0,535	-0,152	-0,761
56	0,146	0,042	-1,107	0,695	-0,258	-0,674	0,313	-0,107	-0,860
57	0,273	0,053	-0,935	0,946	0,069	-0,039	-0,020	-0,039	-1,011
58	0,832	-0,152	-0,557	0,547	0,131	-0,778	1,079	0,050	-0,441
59	0,644	0,053	-0,526	0,829	-0,123	-0,284	0,695	-0,258	-0,674
60	0,820	0,012	-0,366	0,795	0,128	-0,258	0,584	-0,093	-0,697

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 26 – VALORES GENOTÍPICOS DAS VARIÁVEIS DAP, FORMA DO FUSTE E ENCURVAMENTO DO VIGOTE DA COSTANEIRA DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
61	0,711	0,103	-0,375	0,477	0,105	-0,886	0,000	-0,064	-0,978
62	0,584	-0,093	-0,697	0,883	0,143	-0,053	0,473	-0,229	-0,761
63	0,795	0,128	-0,258	0,584	-0,093	-0,697	0,699	0,237	-0,566
64	0,599	0,259	-0,321	0,711	0,103	-0,375	0,832	-0,152	-0,557
65	0,298	0,165	-0,712	0,644	0,053	-0,526	0,266	0,098	-0,785
66	0,481	0,299	-0,376	0,702	-0,063	-0,435	1,066	0,031	-0,395
67	1,301	-0,179	-0,033	0,722	-0,149	-0,417	0,440	0,003	-0,691
68	0,266	0,098	-0,785	0,535	-0,152	-0,761	1,090	-0,045	-0,372
69	1,222	-0,160	-0,083	0,799	-0,107	-0,163	0,276	-0,162	-0,785
70	0,535	-0,152	-0,761	0,329	-0,124	-1,090	0,298	0,165	-0,712
71	0,235	0,268	-0,642	0,356	-0,015	-0,978	1,121	0,069	-0,316
72	0,440	0,003	-0,691	0,278	0,002	-1,119	0,503	-0,076	-0,649
73	0,555	0,070	-0,498	0,791	0,132	-0,045	0,644	0,053	-0,526
74	0,546	0,024	-0,548	0,546	0,024	-0,548	0,160	-0,081	-0,775
75	0,695	-0,258	-0,674	0,695	0,131	-0,206	0,546	0,024	-0,548
76	0,479	0,140	-0,470	0,555	0,070	-0,498	-0,116	-0,124	-0,886
77	0,495	0,132	-0,454	0,473	-0,229	-0,761	0,235	0,268	-0,642
78	0,883	0,143	-0,053	0,503	-0,076	-0,649	0,224	-0,083	-0,696
79	0,503	-0,076	-0,649	0,599	0,259	-0,321	0,139	-0,103	-0,736
80	0,702	-0,063	-0,435	0,440	0,003	-0,691	0,555	0,070	-0,498

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 26 – VALORES GENOTÍPICOS DAS VARIÁVEIS DAP, FORMA DO FUSTE E ENCURVAMENTO DO VIGOTE DA COSTANEIRA DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
81	0,313	-0,107	-0,860	0,816	0,109	0,133	0,820	0,012	-0,366
82	0,946	0,069	-0,039	0,273	0,053	-0,935	0,702	-0,063	-0,435
83	0,061	-0,076	-1,050	0,495	0,132	-0,454	0,180	-0,009	-0,682
84	0,695	0,131	-0,206	0,479	0,140	-0,470	1,202	0,078	-0,148
85	1,157	-0,067	0,076	0,562	-0,042	-0,343	0,063	-0,140	-0,750
86	0,473	-0,229	-0,761	0,313	-0,107	-0,860	0,722	-0,149	-0,417
87	0,414	0,186	-0,400	0,481	0,299	-0,376	0,711	0,103	-0,375
88	0,829	-0,123	-0,284	0,146	0,042	-1,107	0,102	-0,106	-0,712
89	0,722	-0,149	-0,417	0,665	0,149	-0,026	0,479	0,140	-0,470
90	0,406	0,217	-0,348	0,298	0,165	-0,712	0,310	-0,009	-0,570
91	0,791	0,132	-0,045	0,266	0,098	-0,785	0,495	0,132	-0,454
92	-0,020	-0,039	-1,011	0,502	0,125	-0,292	0,257	-0,156	-0,610
93	-0,146	-0,148	-1,223	0,469	0,112	-0,318	0,197	-0,140	-0,628
94	0,502	0,125	-0,292	0,407	-0,045	-0,492	0,103	-0,144	-0,674
95	0,441	0,098	-0,376	0,414	0,186	-0,400	0,061	0,012	-0,667
96	0,000	-0,064	-0,978	0,441	0,098	-0,376	0,407	-0,045	-0,492
97	0,469	0,112	-0,318	0,276	-0,162	-0,785	0,829	-0,123	-0,284
98	0,276	-0,162	-0,785	0,406	0,217	-0,348	0,795	0,128	-0,258
99	0,310	-0,009	-0,570	0,235	0,268	-0,642	1,222	-0,160	-0,083
100	0,562	-0,042	-0,343	0,310	-0,009	-0,570	0,481	0,299	-0,376

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 26 – VALORES GENOTÍPICOS DAS VARIÁVEIS DAP, FORMA DO FUSTE E ENCURVAMENTO DO VIGOTE DA COSTANEIRA DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
101	0,799	-0,107	-0,163	0,696	0,031	0,218	0,599	0,259	-0,321
102	0,407	-0,045	-0,492	0,061	-0,076	-1,050	1,301	-0,179	-0,033
103	0,160	-0,081	-0,775	0,602	0,069	0,092	0,003	0,025	-0,642
104	0,180	-0,009	-0,682	0,224	-0,083	-0,696	0,414	0,186	-0,400
105	0,665	0,149	-0,026	0,429	-0,076	-0,281	0,025	-0,117	-0,645
106	0,224	-0,083	-0,696	0,701	0,140	0,348	0,562	-0,042	-0,343
107	0,217	0,118	-0,487	0,257	-0,156	-0,610	0,217	0,118	-0,487
108	0,816	0,109	0,133	0,160	-0,081	-0,775	0,441	0,098	-0,376
109	0,139	-0,103	-0,736	0,374	-0,150	-0,367	0,406	0,217	-0,348
110	0,061	0,012	-0,667	0,517	0,082	0,003	-0,307	-0,181	-0,767
111	-0,517	-0,378	-1,632	0,180	-0,009	-0,682	-0,109	0,187	-0,601
112	0,257	-0,156	-0,610	0,139	-0,103	-0,736	0,695	0,131	-0,206
113	0,102	-0,106	-0,712	0,197	-0,140	-0,628	0,469	0,112	-0,318
114	0,183	0,166	-0,353	0,217	0,118	-0,487	0,502	0,125	-0,292
115	0,197	-0,140	-0,628	-0,020	-0,039	-1,011	0,799	-0,107	-0,163
116	-0,109	0,187	-0,601	0,000	-0,064	-0,978	-1,042	0,232	-1,018
117	0,063	-0,140	-0,750	0,849	0,132	0,832	0,374	-0,150	-0,367
118	0,003	0,025	-0,642	0,326	0,080	-0,233	0,946	0,069	-0,039
119	-0,116	-0,124	-0,886	0,456	0,092	0,055	0,883	0,143	-0,053
120	0,326	0,080	-0,233	-0,146	-0,148	-1,223	-0,169	-0,174	-0,629

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 26 – VALORES GENOTÍPICOS DAS VARIÁVEIS DAP, FORMA DO FUSTE E ENCURVAMENTO DO VIGOTE DA COSTANEIRA DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
121	0,429	-0,076	-0,281	0,102	-0,106	-0,712	0,108	-0,097	-0,475
122	0,103	-0,144	-0,674	0,380	-0,161	-0,153	1,157	-0,067	0,076
123	0,240	0,182	-0,210	0,668	0,147	0,530	-0,380	-0,062	-0,686
124	0,058	0,280	-0,259	0,412	-0,064	-0,033	0,429	-0,076	-0,281
125	0,517	0,082	0,003	0,294	-0,080	-0,271	0,183	0,166	-0,353
126	0,374	-0,150	-0,367	0,103	-0,144	-0,674	-0,349	-0,140	-0,663
127	0,602	0,069	0,092	0,063	-0,140	-0,750	0,791	0,132	-0,045
128	0,025	-0,117	-0,645	0,061	0,012	-0,667	0,085	-0,145	-0,421
129	0,696	0,031	0,218	0,183	0,166	-0,353	0,091	0,008	-0,370
130	0,456	0,092	0,055	0,454	-0,161	0,092	0,326	0,080	-0,233
131	0,701	0,140	0,348	0,724	-0,048	0,677	0,294	-0,080	-0,271
132	0,108	-0,097	-0,475	0,240	0,182	-0,210	0,665	0,149	-0,026
133	0,294	-0,080	-0,271	0,108	-0,097	-0,475	0,034	-0,141	-0,368
134	0,091	0,008	-0,370	0,233	-0,168	-0,247	0,240	0,182	-0,210
135	0,267	0,137	-0,052	0,502	0,069	0,370	-0,255	-0,015	-0,484
136	0,412	-0,064	-0,033	0,003	0,025	-0,642	0,233	-0,168	-0,247
137	0,380	-0,161	-0,153	0,025	-0,117	-0,645	0,058	0,280	-0,259
138	0,085	-0,145	-0,421	0,483	-0,028	0,320	0,380	-0,161	-0,153
139	-0,111	0,156	-0,295	0,267	0,137	-0,052	0,042	-0,015	-0,280
140	0,233	-0,168	-0,247	0,347	-0,098	0,037	0,816	0,109	0,133

FONTE: o autor (2008)

CONTINUAÇÃO

TABELA 26 – VALORES GENOTÍPICOS DAS VARIÁVEIS DAP, FORMA DO FUSTE E ENCURVAMENTO DO VIGOTE DA COSTANEIRA DOS CLONES SELECIONADOS PELOS DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA INSTAÇÃO DO TESTE CLONAL, COM BASE NO TESTE DE PROGÊNIES DE *E. benthamii* INSTALADO EM CHAPECÓ - SC

ORDEM	Método 1			Método 2			Método 3		
	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x	DAP	Forma do fuste	V _x
141	0,042	-0,015	-0,280	-0,116	-0,124	-0,886	-0,713	-0,258	-0,674
142	-0,169	-0,174	-0,629	0,506	-0,076	0,380	0,517	0,082	0,003
143	0,668	0,147	0,530	0,399	-0,163	0,146	-0,206	0,008	-0,370
144	-0,307	-0,181	-0,767	0,415	-0,012	0,238	-0,111	0,156	-0,295
145	0,266	0,040	0,032	0,493	-0,140	0,352	-0,060	-0,015	-0,277
146	0,034	-0,141	-0,368	0,091	0,008	-0,370	-0,235	-0,043	-0,357
147	-0,050	0,112	-0,196	0,085	-0,145	-0,421	-0,317	0,068	-0,377
148	-0,380	-0,062	-0,686	0,474	0,031	0,422	0,412	-0,064	-0,033
149	0,143	-0,074	-0,148	0,277	-0,379	-0,091	0,602	0,069	0,092
150	-0,255	-0,015	-0,484	0,266	0,040	0,032	0,267	0,137	-0,052

FONTE: o autor (2008)

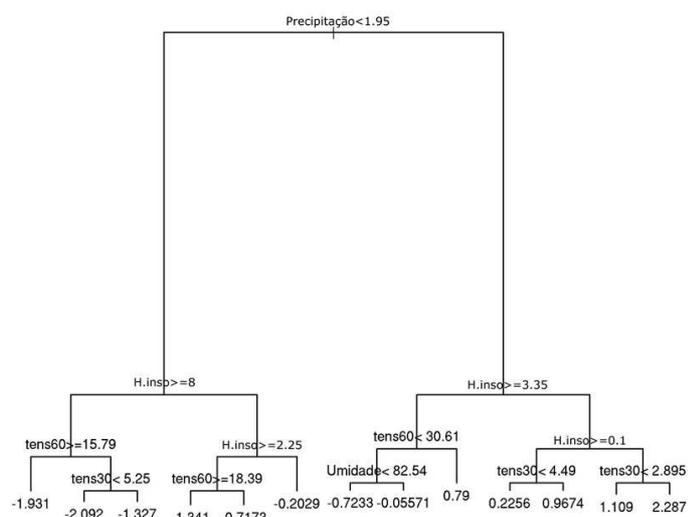


FIGURA1- ANÁLISE DE ÁRVORE DA MÉDIA DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

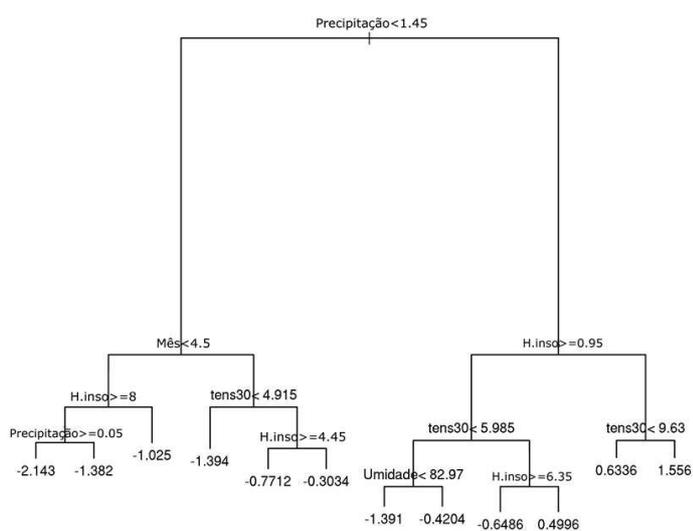


FIGURA 2 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 1 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

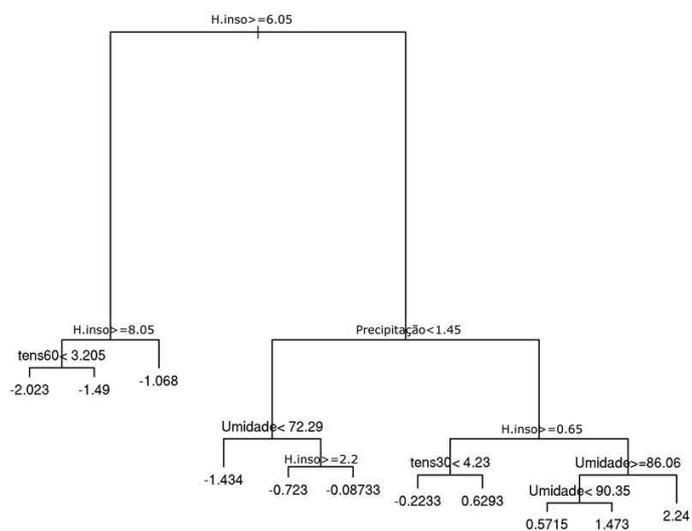


FIGURA 3 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 2 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

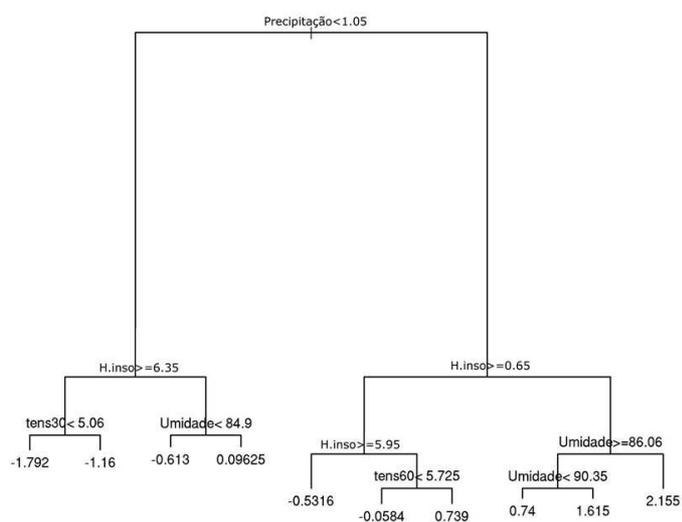


FIGURA 4 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 3 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

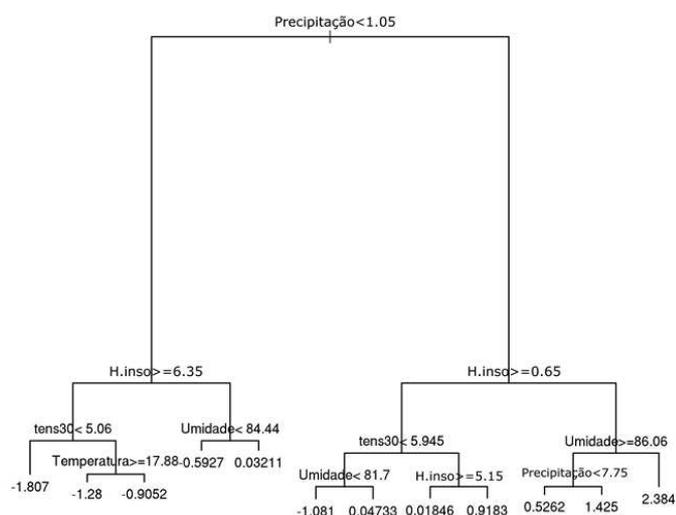


FIGURA 5 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 4 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

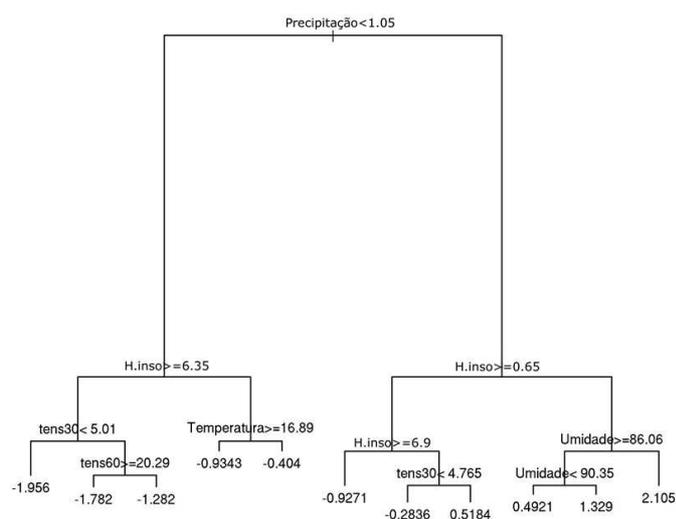


FIGURA 6 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 5 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

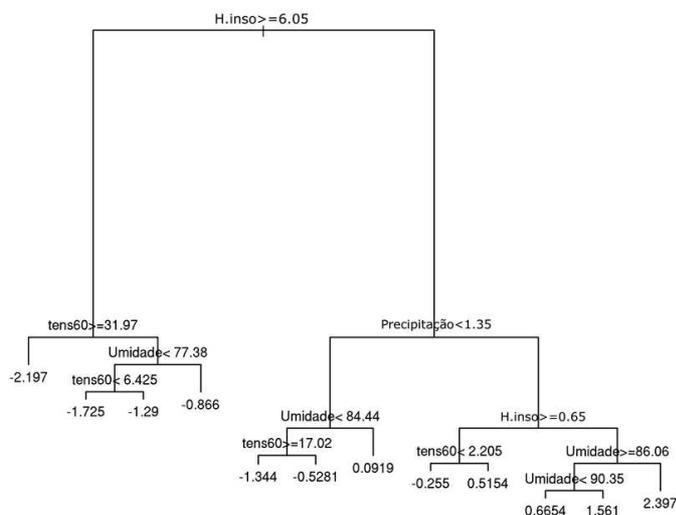


FIGURA 7 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

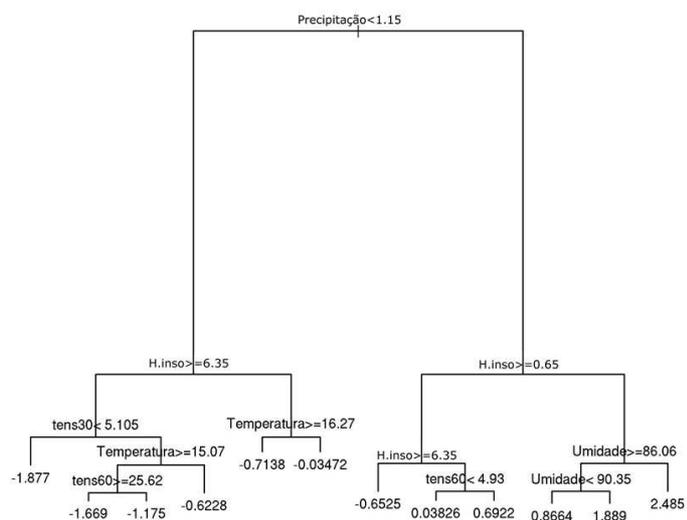


FIGURA 8 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 7 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

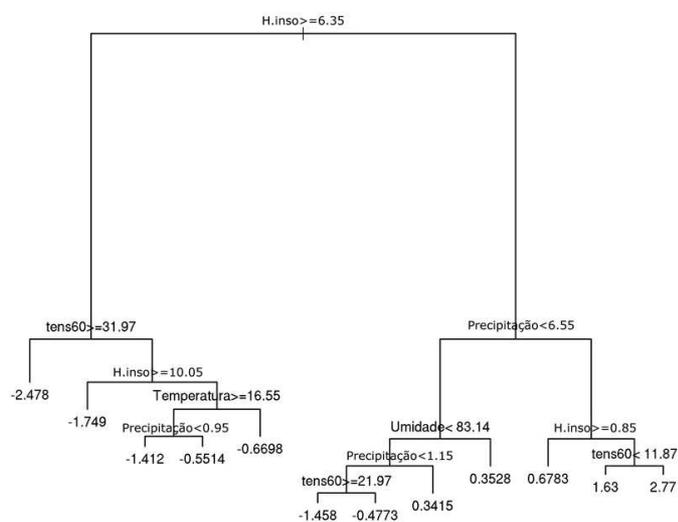


FIGURA 9 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

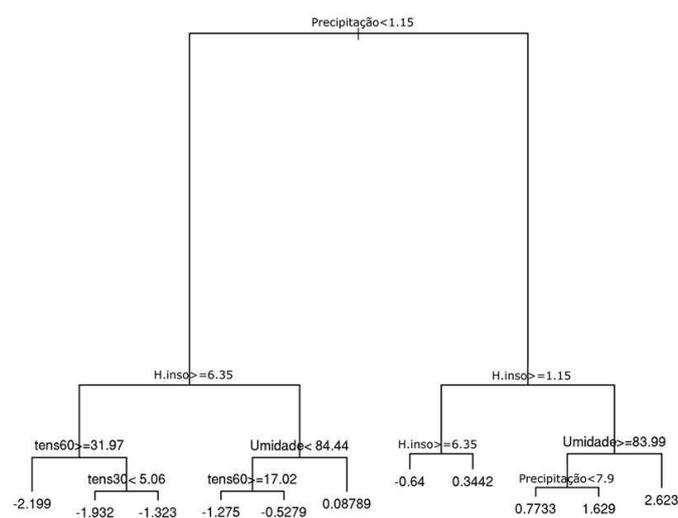


FIGURA 10 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

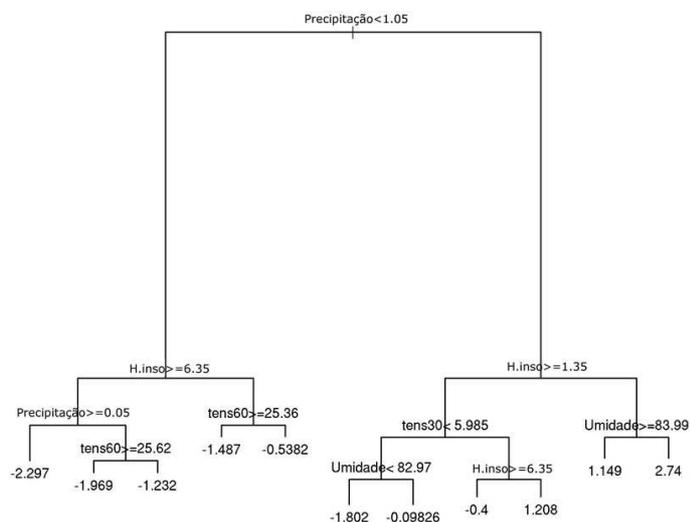


FIGURA 11 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 10 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

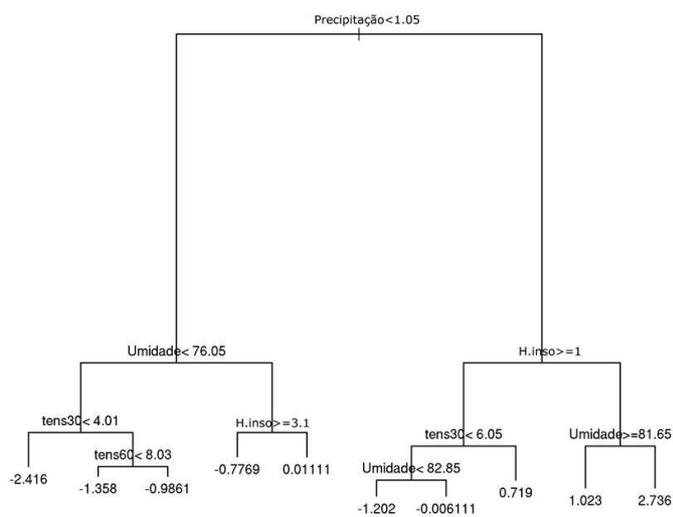


FIGURA 12 - ANÁLISE DE ÁRVORE DA MÉDIA DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

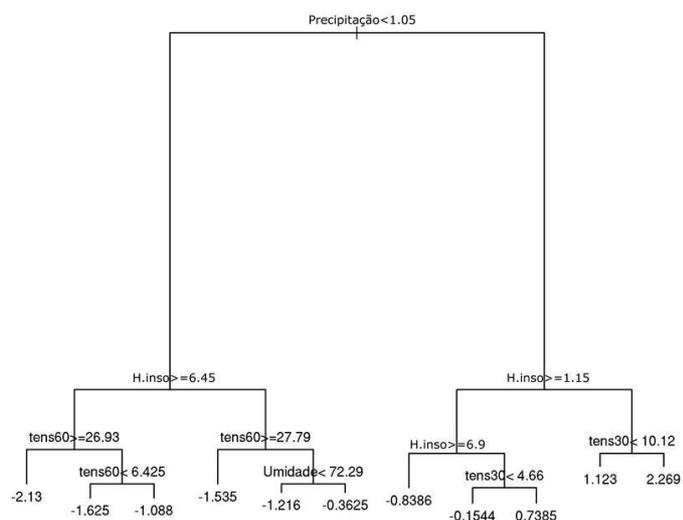


FIGURA 15 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 3 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

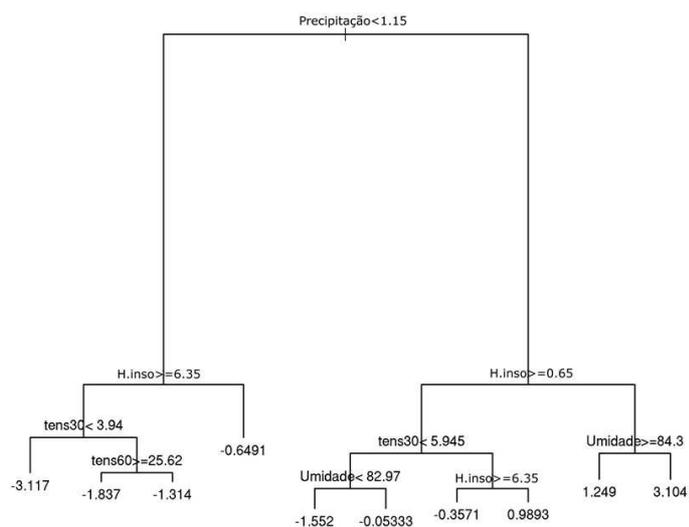


FIGURA 16 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 4 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

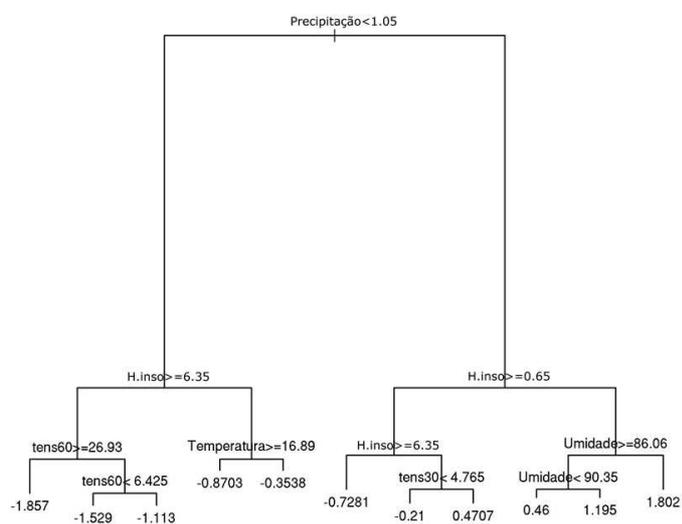


FIGURA 17 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 5 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

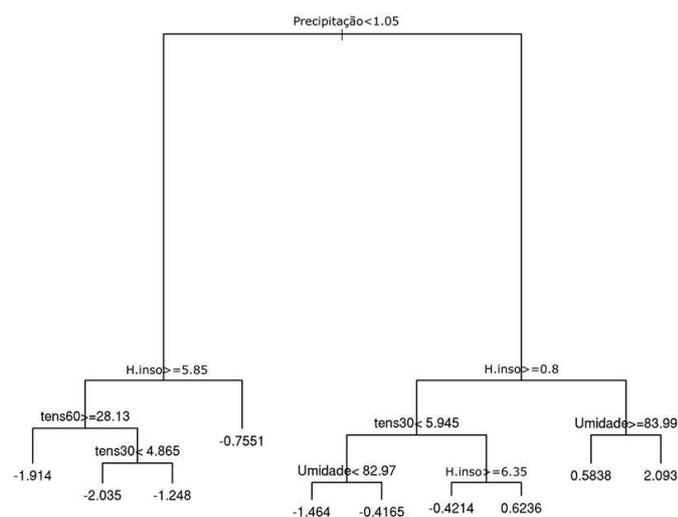


FIGURA 18 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

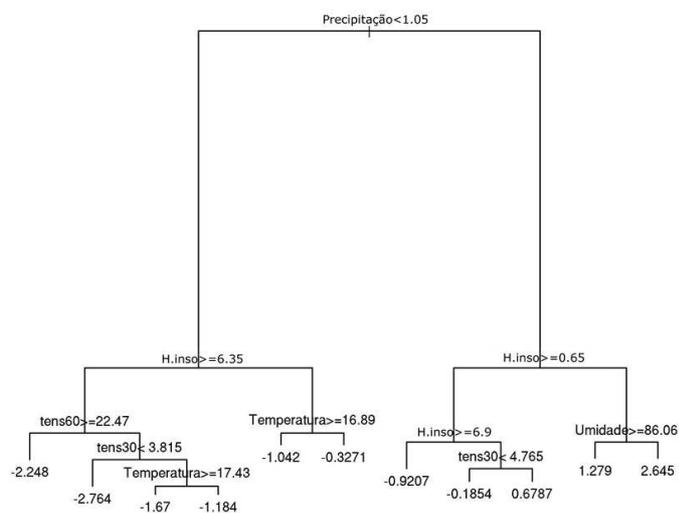


FIGURA 19 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 7 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

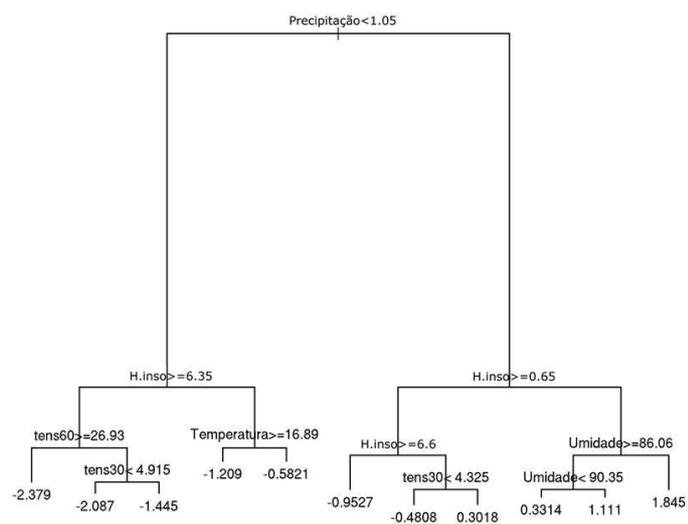


FIGURA 20 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

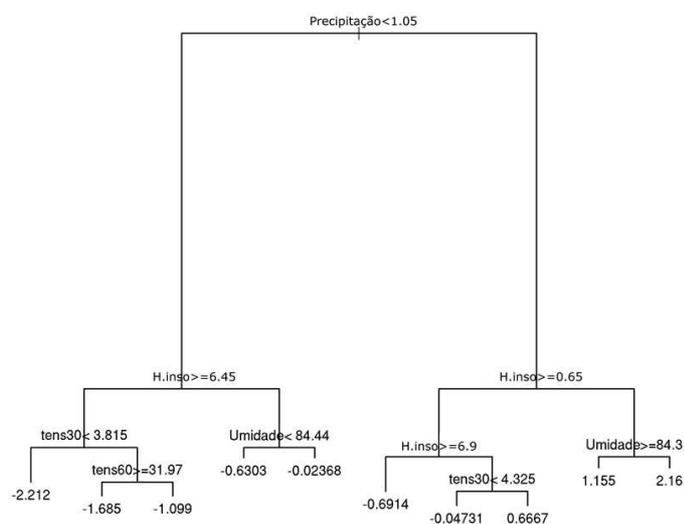


FIGURA 21 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

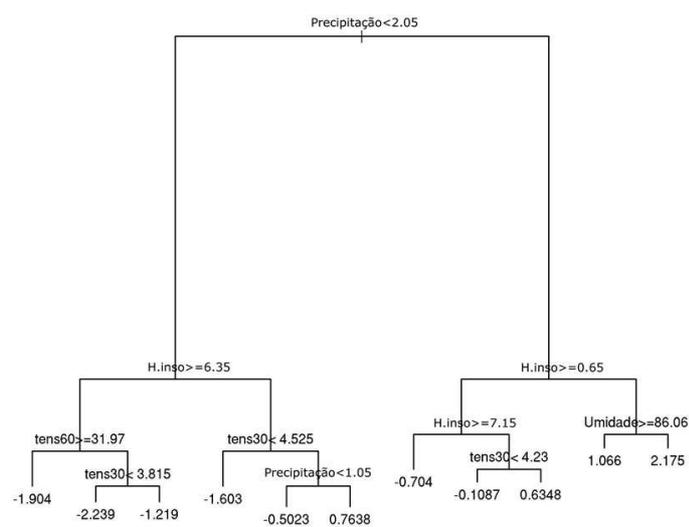


FIGURA 22 - ANÁLISE DE ÁRVORE DO INDIVÍDUO 10 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

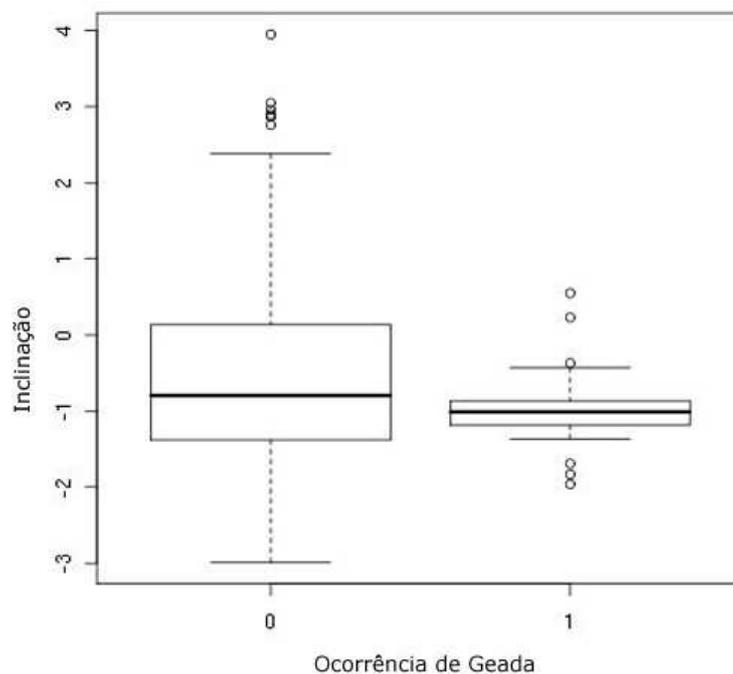


FIGURA 23 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO MÉDIO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 11

FONTE: o autor (2008)

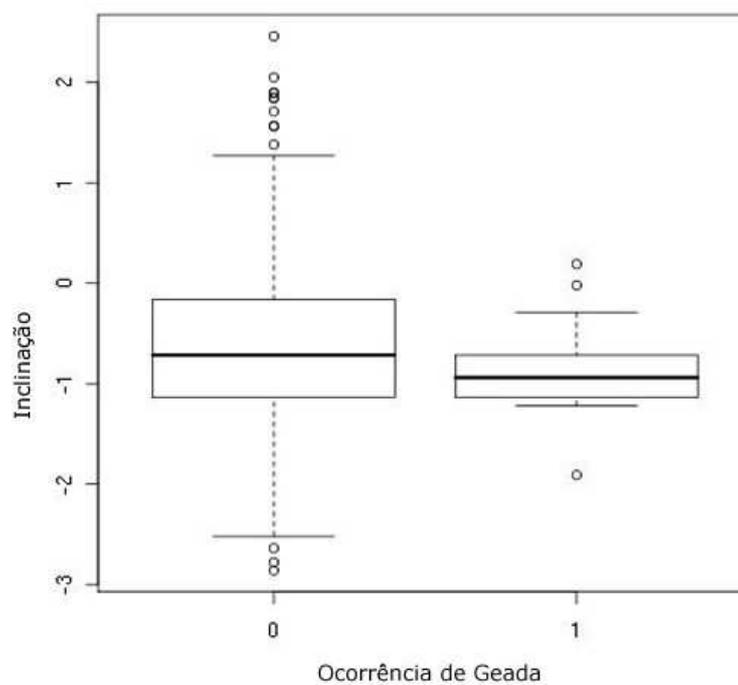


FIGURA 24 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 1 DA FAMÍLIA 11

FONTE: o autor (2008)

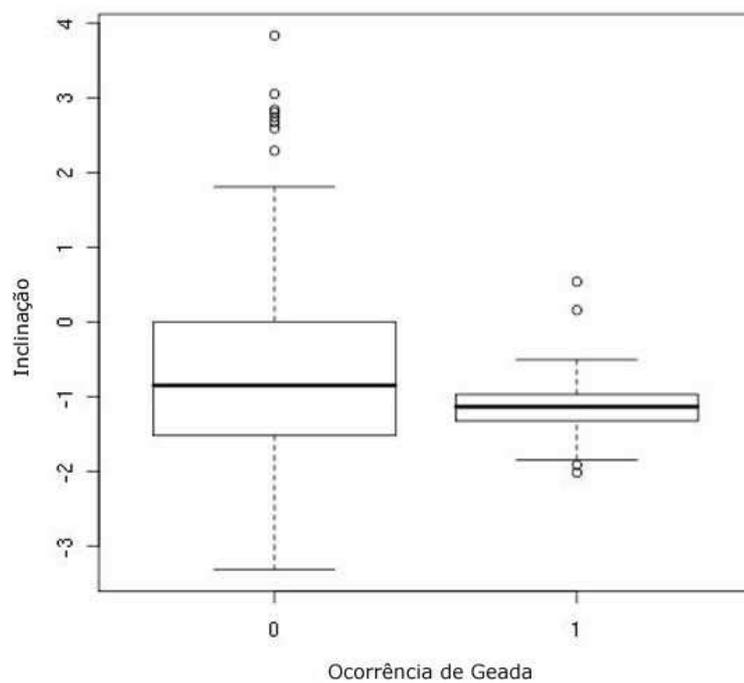


FIGURA 25 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 2 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

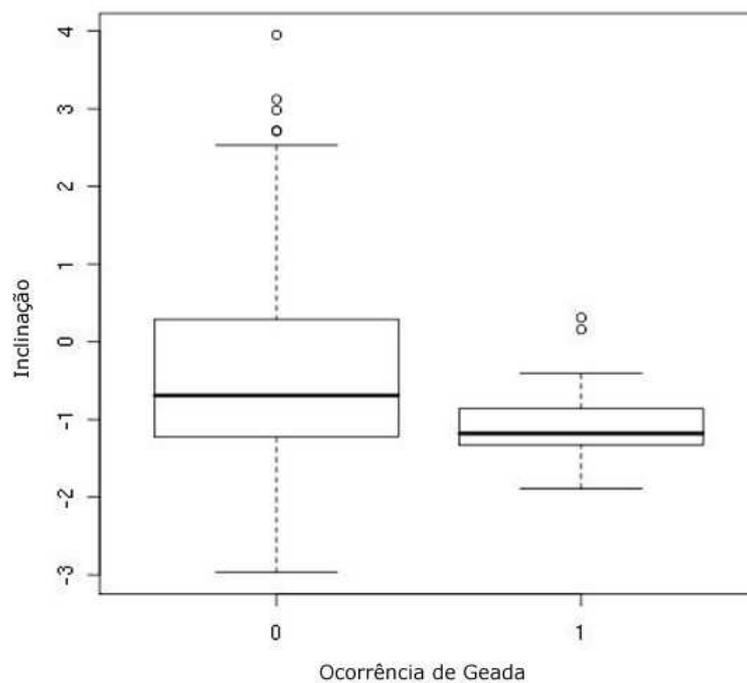


FIGURA 26 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 3 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

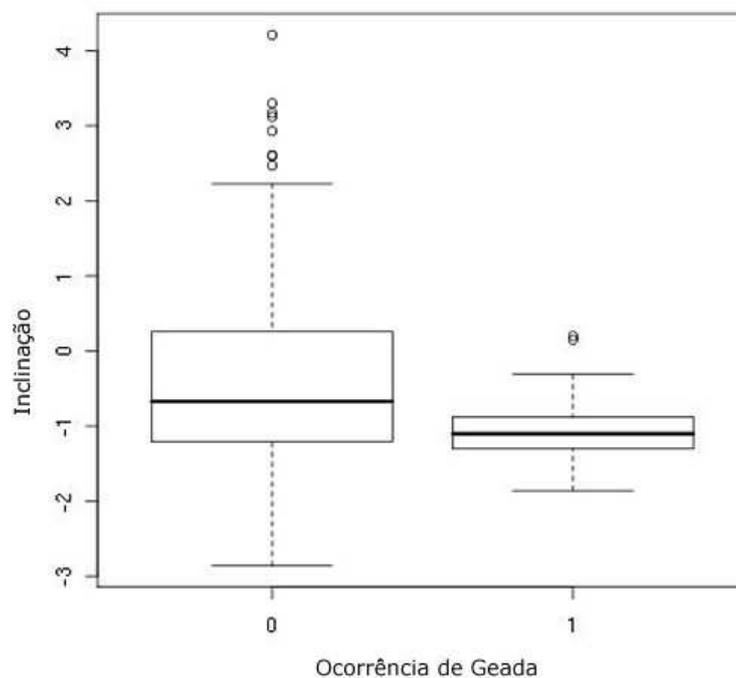


FIGURA 27 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 4 DA FAMÍLIA 11
FONTE: o autor (2008)

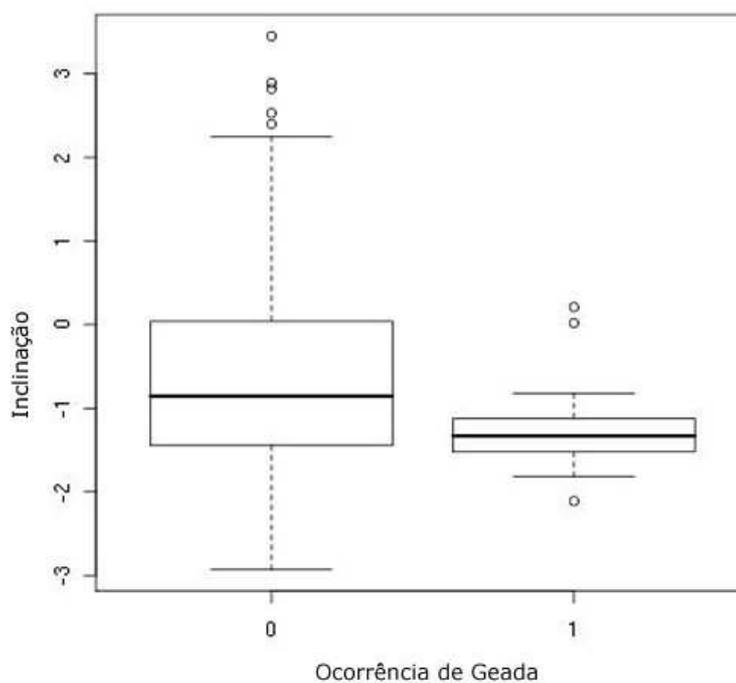


FIGURA 28 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 5 DA FAMÍLIA 11
FONTE: o autor (2008)

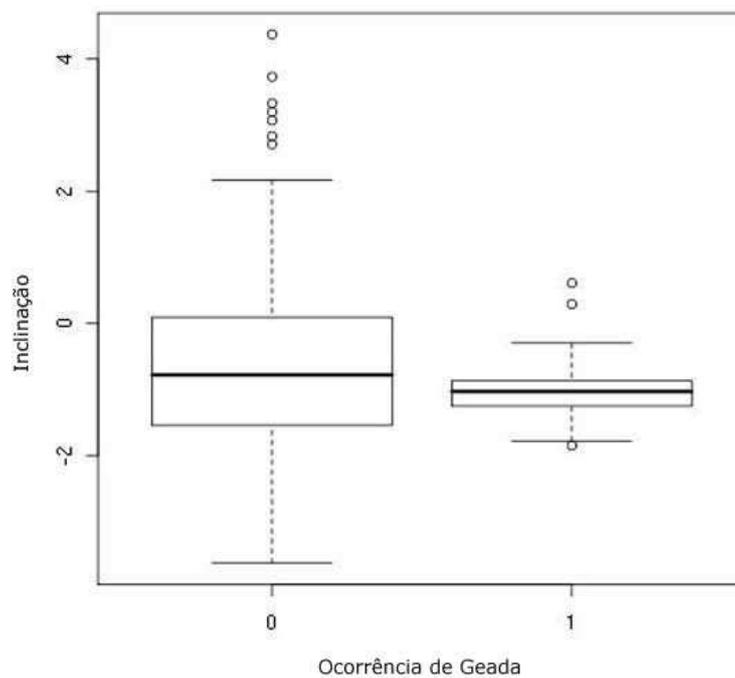


FIGURA 29 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 11
FONTE: o autor (2008)

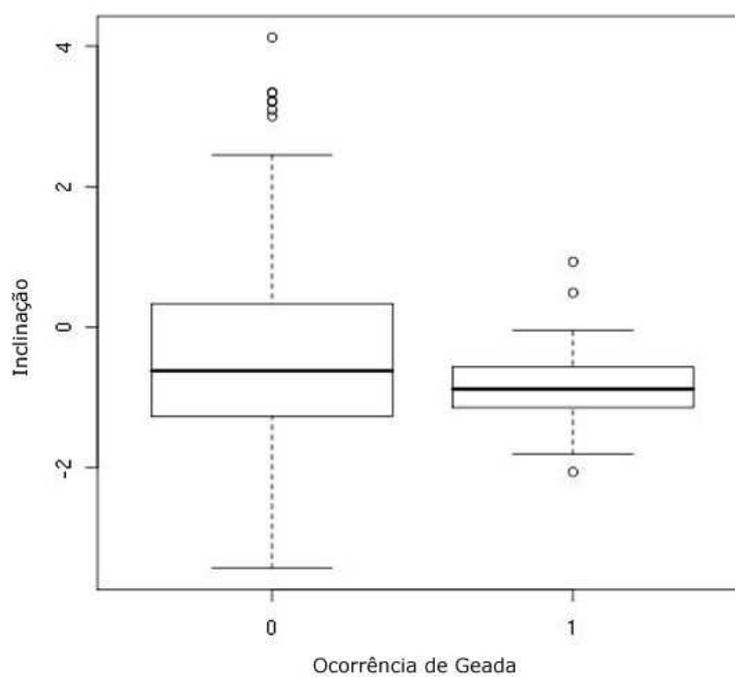


FIGURA 30 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 7 DA FAMÍLIA 11
FONTE: o autor (2008)

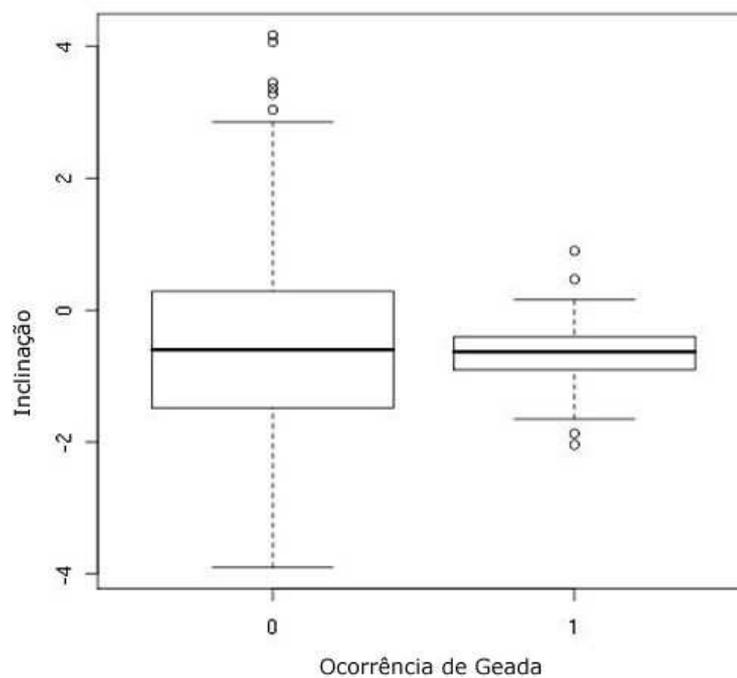


FIGURA 31 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

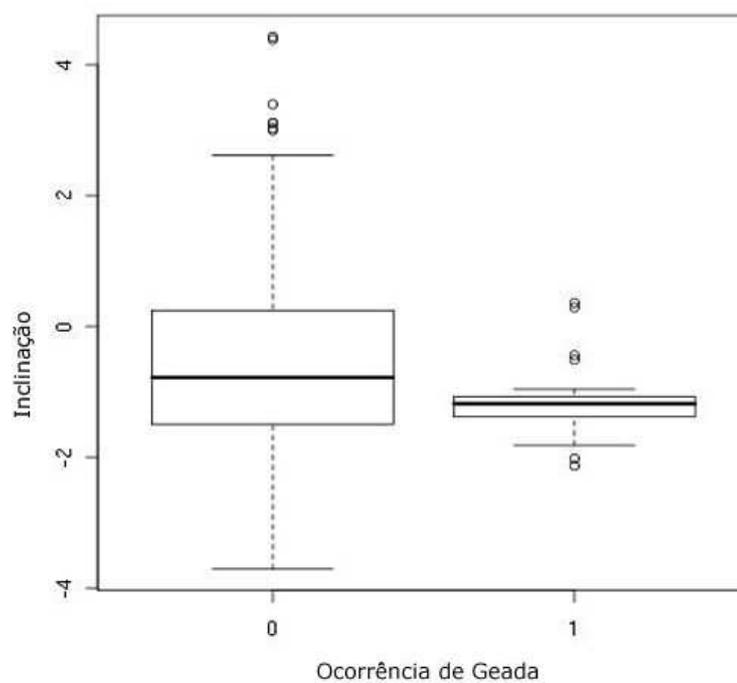


FIGURA 32 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

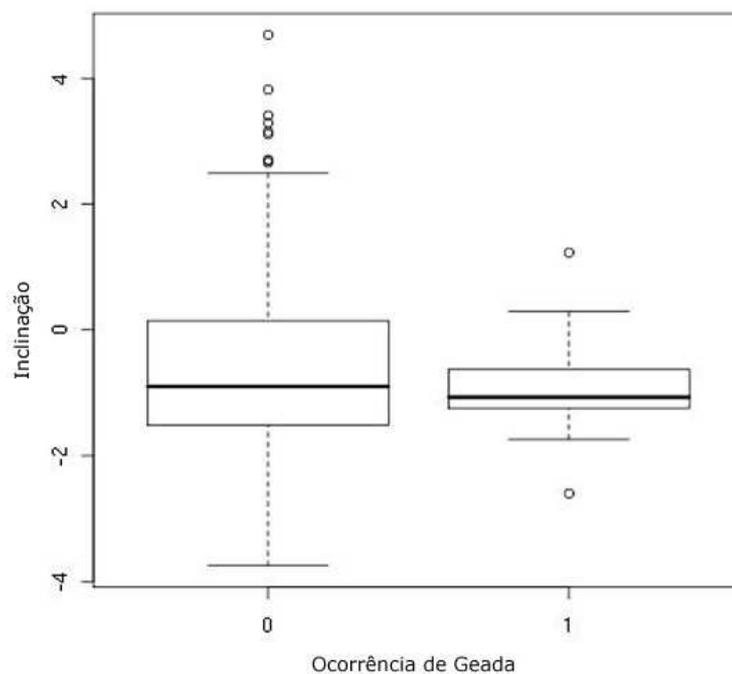


FIGURA 33 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 10 DA FAMÍLIA 11
 FONTE: o autor (2008)

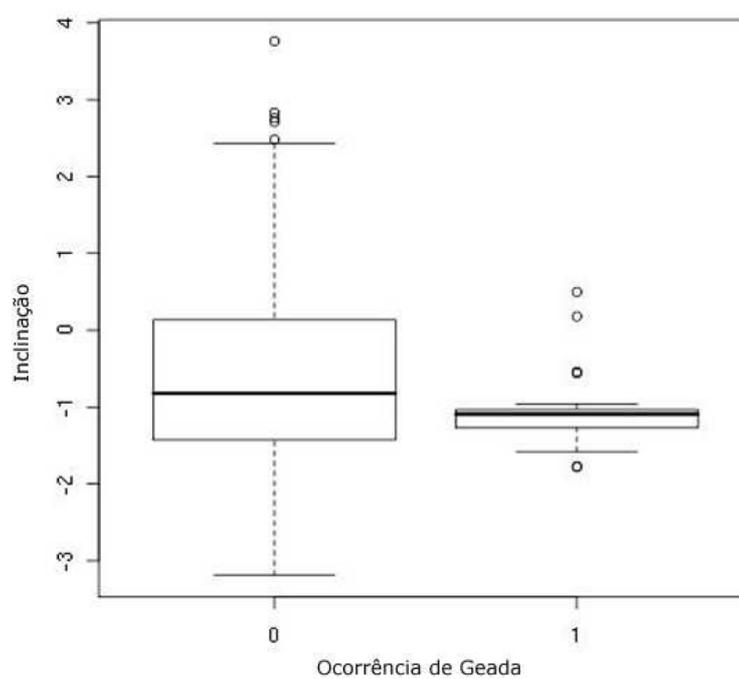


FIGURA 34 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO MÉDIO DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

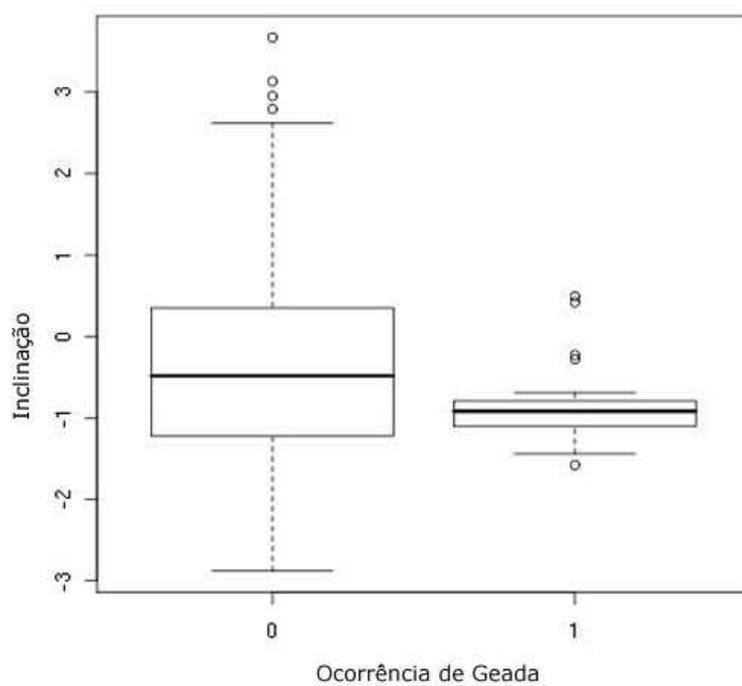


FIGURA 35 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 1 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

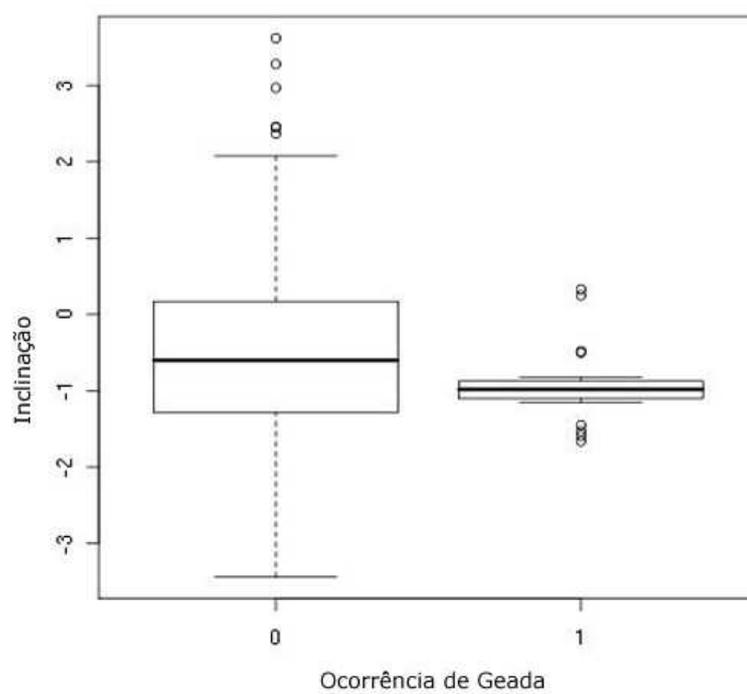


FIGURA 36 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 2 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

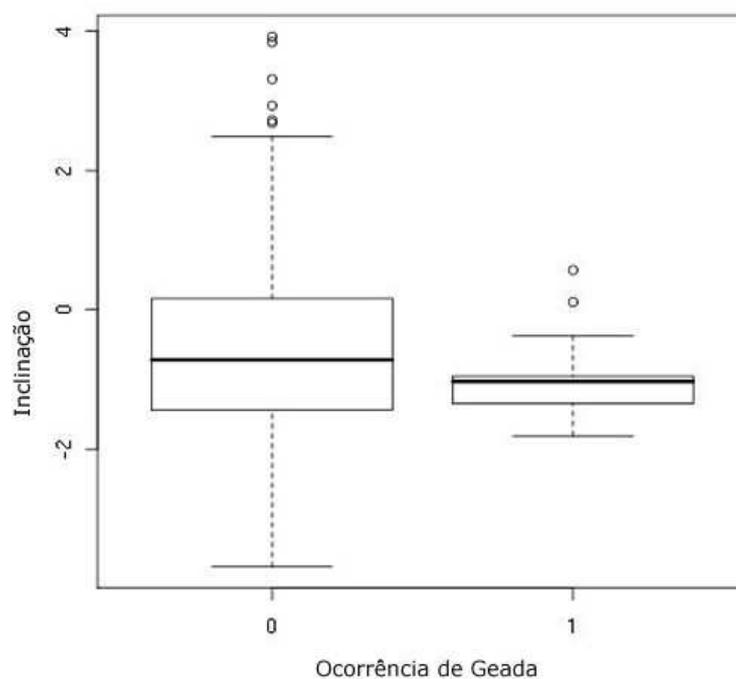


FIGURA 37 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 3 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

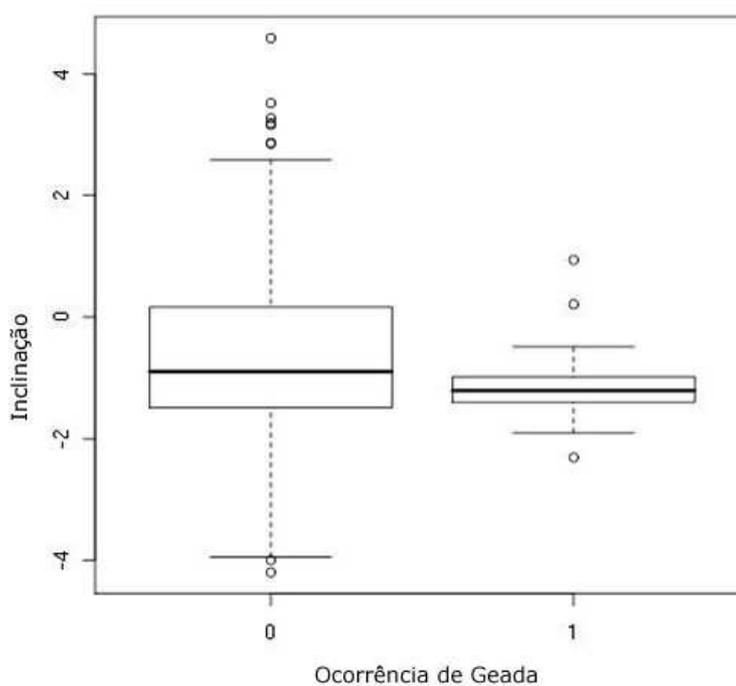


FIGURA 38 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 4 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

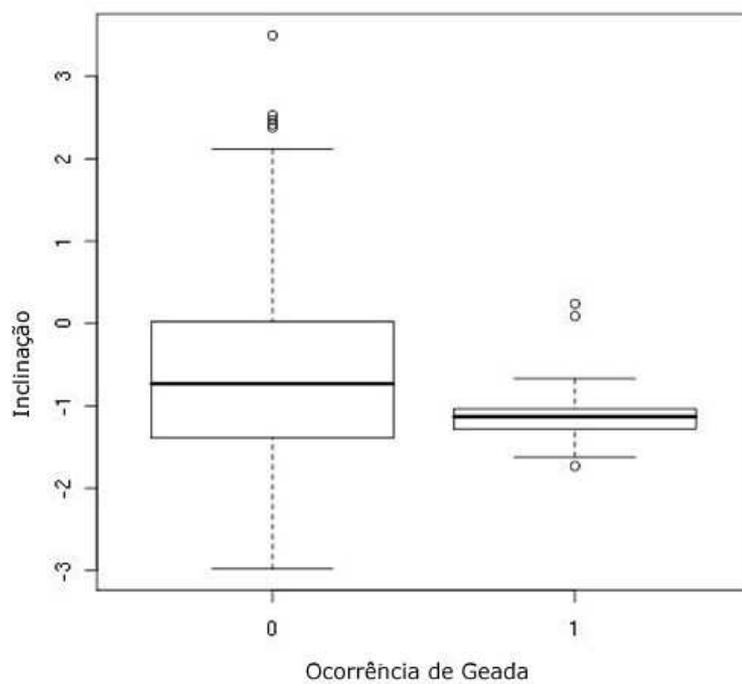


FIGURA 39 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 5 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

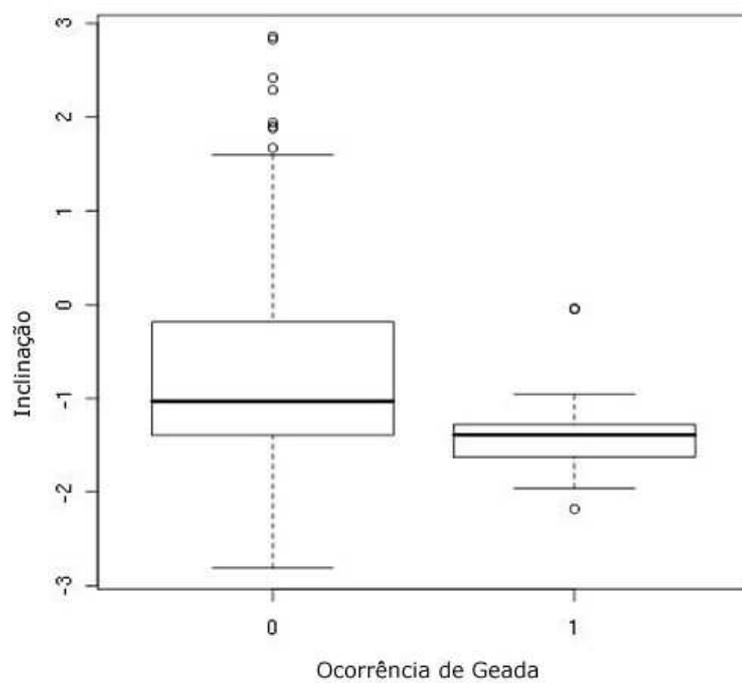


FIGURA 40 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 6 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

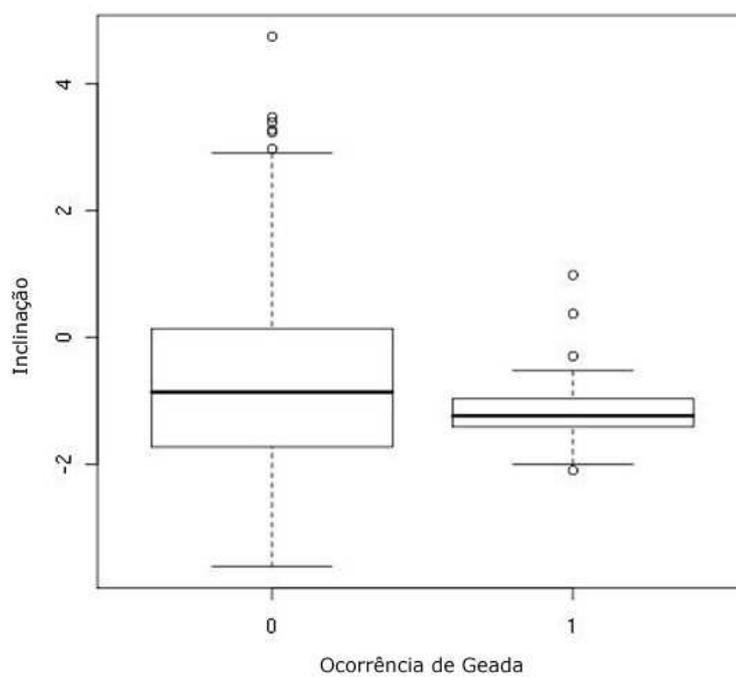


FIGURA 41 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 7 DA FAMÍLIA 24
FONTE: o autor (2008)

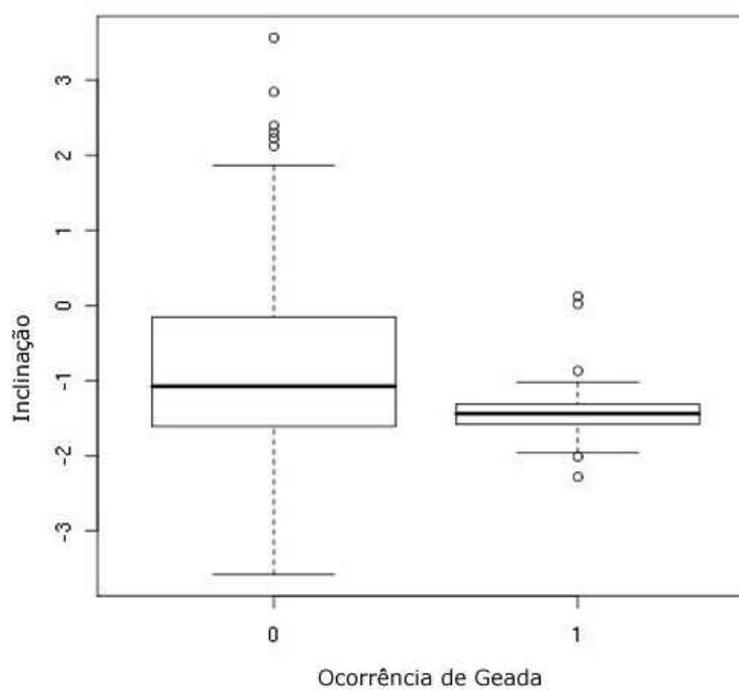


FIGURA 42 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 8 DA FAMÍLIA 24
FONTE: o autor (2008)

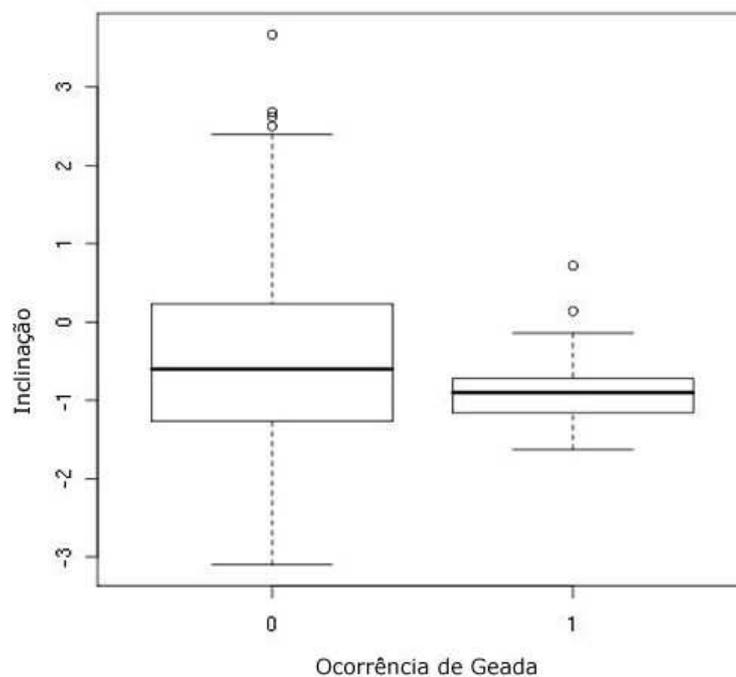


FIGURA 43 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 9 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

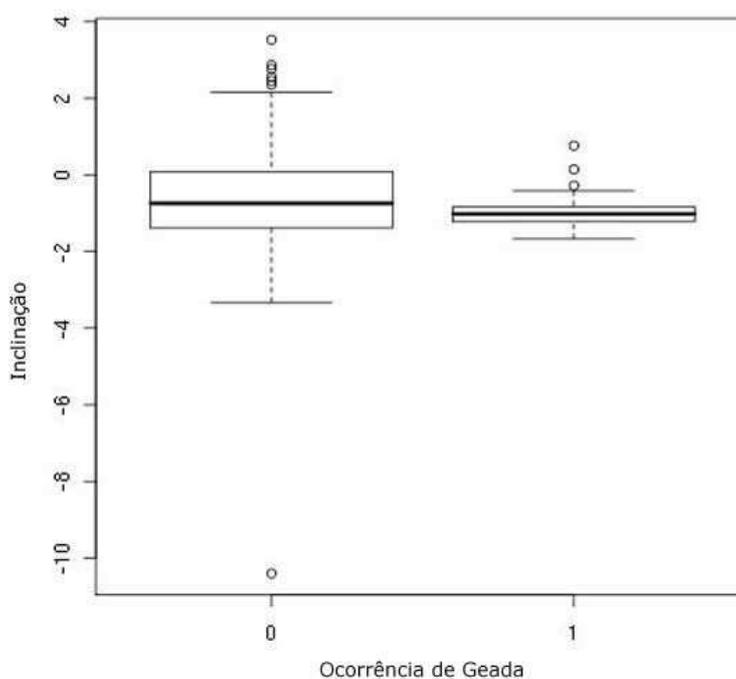


FIGURA 44 - INFLUÊNCIA DA GEADA NO CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO 10 DA FAMÍLIA 24
 FONTE: o autor (2008)

6 REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do Eucalipto**. Ed. UFV, Viçosa MG, 2004. 442 p.

ALMEIDA, A.C.; SOARES, J.V. Análise da influência da variabilidade hidrometeorológica interanual no crescimento de plantações de eucalipto. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS.1997: Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 4, p.52-61.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**. V. 46, p. 269-278, 1992.

ARNOLD, R.J.; CLARKE, B. LUO, J. Trial of cold-tolerant eucalypt species in cooler regions of South Central China. Canberra: ACIAR, 2004. 106 p. (**ACIAR Technical reports, 57**).

ASHTON, D.H. The seasonal growth of *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Australian Journal of Botany**, n. 23, p. 239-252, 1975.

ASSIS, T. F. Estratégia de melhoramento para a obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria In: SEMINÁRIO MADEIRA DE EUCALIPTO: TENDÊNCIAS E USOS, Curitiba; 2001. **Anais**. Curitiba: FUPEF; UFPR, 2001. p.1-18.

ASSIS, T.F. 1996. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, 189:32-51.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 94987: **Classificação de madeira serrada de folhosas**. São Paulo, 1986. 53p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE SEMENTE – ABRATES, Brasília: ABRATES, 2007

BARCHET, V.G. **Potencialidade de espécies de *Eucalyptus* para produção de madeira serrada**. 2001. 166p. Dissertação (Mestre em Ciências e Tecnologia de Madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. **Tópicos em ciências do solo**, Viçosa, v.2, p. 488-578, jul. 2002

BISON, O. **Melhoramento de *Eucalyptus* visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169p. (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Lavras - UFLA.

BOYD, J.D. Tree growth stresses: 2- the development of shakes and other visual failures in timber. **Australian journal of applied science**, v.1, p.296-312, 1950.

BOYLE, T.J.B.; COSSALTER, C.; GRIFFIN, A.R. **Genetic resources for plantation forestry**. In NAMBIAR, E.K.S.;BROWN, A.G. Management of soil nutrients and water in

tropical plantation forest. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1997. p. 25-56. (ACIAR. Monography, 43).

BRASIL. Decreto-Lei n. 5.153, de 23 de junho de 2004. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

BRASIL. Decreto-Lei n. 6.263, de 21 de novembro de 2007. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). **Classification and Regression Trees**. Wadsworth International Group, Belmont, California, USA. 354p.

BRIDGWATER, F.E. 1992. Mating designs. In: FINS, L.; FRIEDMAN, S.T.; ROTSCHOL, J.V. (eds.). **Handbook of Quantitative Forest Genetics**. Kluwer Academic Pub, Boston. p.69-95.

BROOKHOUSE, M.T. **A dendroclimatological reconnaissance of eucalypts in southeast Australia**. 2007. 181 f. Doctor of Philosophy – Australian National University, Australia.

BUENO, L.C.S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S.P. Melhoramento genético de plantas CAMPINHOS, E.Jr. A importância da produção de Madeira de Eucalyptus, Geneticamente melhorado, para os setores moveleiro e de construção civil: perspectivas e desafios. Seminário Madeira de Eucalipto: Tendências e Usos São Paulo, **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT, 2001. P.53-58.

BURDON, R. D. Genetic correlation as a concept for studying genotype-environment interaction in forest tree breeding, **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 26, n. 5-6, p. 168-175, 1977.

CAREY, K. Breeding system, genetic variability and response to selection in Plectrits (Valerianaceae). **Evolution**, v.37, n.5, p. 947-956, 1983.

COLONEGO, F.W.; SEVERO, E.T.D. Efeito do diâmetro detoras na magnitude das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Energia Agrícola**, Botucatu, v.20, n.2, p. 53-65, 2005.

CORE TEAM, **R: A language and environment for statistical computing**. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008.

COSTA, R.B.; KAGEYAMA, P.Y.; MARIANO, G. Estudos de sistema reprodutivo de *Voshysia tucanorum* Mart. e *Xylophia aromática* Baill. Em área de cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n. 1, p.91-96, 1992.

CREGG, B.M.; DOUGHERTY, P.M. Growth and wood quality of young loblolly pine trees in relation to stand density and climatic factors. **Canadian Journal of Forest Research**, n. 18, p. 851-858, 1988.

CRÊSPO, E.A. **Tensão de crescimento e suas consequências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus***

saligna. Piracicaba, 2000. 119p. (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 38, n. 219, p. 422-430, maio/jun. 1991.

CRUZ, C.D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005. 394p.
DIAS, L.A. & KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em espécies arbóreas e consequências para o melhoramento florestal. **Agrotópica**. Ilhéus, v.3, n.3, p.119-127, 1991.

DINWOODIE, J.M. Growth stresses in timber: a review of literature. **Forestry**. V.39, n.2, p. 162-170, 1966.

DOWNES, G.; BEADLE, C.; WORLEDGE, D. Daily stem growth patterns in irrigated *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* in relation to climate. **TREES**, n.14, p. 102-111, 1999.

DUDA, L. L. **Seleção genética de árvores de *Pinus taeda* L. na região de Arapoti, Paraná**. 2003. 50f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. (Colombo, PR). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina**. Colombo, 1988. 113p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 21).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes. Colombo, 2000. 101p. (EMBRAPA – CNPF. **Documentos**, 47).

FALCONER, D. S. Introdução a genética quantitativa. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279 p.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. New York: Ronald, 1989. 438 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. Longman: Harlow, 1996. 464p.

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York, Ronald Press, 1964. 365 p.

FARIAS NETO, J.T.; RESENDE, M.D.V.; OLIVEIRA, M.S.P.; SANTOS, N.S.A.; CANUTO, E.L.; NOGUEIRA, O.L.; MULLER, A.A. Avaliação genética de progênies de polinização aberta de açai (*Euterpe oleracea*) e estimativas de parâmetros genéticos. **Revista Cerne**, Lavras, v.13, n.4, p.376-383, out/dez. 2007.

FERNANDES, P.S.; FERREIRA, M.C. Tensão de crescimento em toras de *Eucalyptus saligna* e suas relações com os diâmetros. **Revista do Instituto Florestal**. v. 3, n.2, p.639-655, dez. 1991.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **El eucalipto en la repoblacion forestal**. Roma, 1981.723p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Global Forest Resources Assessment 2000** – Main report. FAO Forestry Paper. ISSN 0258-6150, 2000. 479 p. Em: www.fao.org/forestry/fo/fra/main/index.jsp.

FOX, P. N.; CROSSA, J.; ROMAGOSA, I. Multi-environment testing and genotypeenvironment interaction. In: KEMPTON, R. A.; FOX, P. N. (Ed.). *Statistical methods for plant variety evaluation*. New York: **Chapman & Hall**, 1997. p. 117-138.

FRANKLIN, E.C.; MESKIMEN, G. Choice of species and provenances in cold summer rainfall climates. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES EUCALYPTUS RESISTANTS AU FROID. (1983: Bordeaux) **Annales...** Bordeaux: IUFRO, 1983, p.341-357.

FREIRE-MAIA, N. **Genética de populações humanas**. São Paulo: HUCITEC: EDUSP, 1974. 280 p.

GALBERMAN, W.H.; GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant Soil**, 72: 335-350. 1983.

GARCIA, J.N. **Defeitos conseqüentes da tensão de crescimento e propriedades da madeira de Eucalyptus como indicadores puros para o manejo e melhoramento de Floresta para serraria**. Tese de livre docência, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, 2005. 213p.

GARCIA, J.N. **Estados de tensão em árvores e de deformação em peças de madeira serrada**. São Paulo, 1992. 243p. (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GARCIA, J.N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p. 59-67

GODDARD, R.E.; HOLLIS, C.A. The genetics bases of forest tree nutrition. In: BOWEN, G.D.; NAMBIAR, E.K.S., eds. **Nutrition of plantation forests**. London, **Academic Press**, 1984. P. 237-258.

GODEBENBERG, J.B. El empleo de la correlación em El mejoramiento genético de las plantas. **Fitotécnica Latino Americana**, v.5, p.1-8, 1968

GOMES, J.M. Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.1, n.2, p. 72-105, 1977.

GONZÁLEZ, E. R. et al. Transformação genética do eucalipto. **Biociência & Desenvolvimento**, v. 5, n. 26, p. 18-22, maio/jun., 2002.

GRAÇA M.E.C.; CARAMORI, P.H.; BOOTSMA, A.; OLIVEIRA, D.; GOMES, J. Capacidade de rebrota de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 135-138, jul./dez. 1999.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.

HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding**. Guelph: University of Guelph, 1984. 462 p.

HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. de; SOUZA, S. M. de. Programa de melhoramento genético de *Eucalyptus* no Brasil. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL**, 1991, Curitiba. O Desafio das Florestas Neotropicais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Freiburg: Universidade Albert Ludwig, 1991. p. 86-100.

HIGA, A.R.; CARVALHO, P.E.R. de. Sobrevivência e crescimento de doze espécies de eucalipto em Dois Vizinhos, Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais**. São Paulo: SBS, 1990. p.459- 461. Publicado em Silvicultura, v.3, n.42, 1990.

HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V. Indicação de espécies para reflorestamento. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p.101-124.

Higa, R. C. V. e Pereira, J. C. D. Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Colombo: Embrapa Florestas, 2003 (**Comunicado Técnico no. 100**). 4p.

HIGA, R.C.V. Aspectos ecológicos e silviculturais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.38, p.121-123, jan/jun 1999.

HIGA, R.C.V. **Avaliação e recuperação de *Eucalyptus dunnii* Maiden atingidos por geadas em Campo Tenente, PR**, Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, 1998, 100p.

HIGA, R.C.V.; HIGA, A.R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M.V.R. Comportamento de 20 espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geadas na região sul do Brasil. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS (1997: Salvador) **Anais...** Colombo: IUFRO, 1997. P.106-110.

HIGA, R.C.V.; HIGA, A.R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M.V.R. Comportamento de 20 espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geadas na região sul do Brasil. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS.1997: Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p.106-110.

HIGA, R.C.V.; HIGA, A.R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M.V.R. Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii* Maiden plantados em Campo do Tenente, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 40, p. 67-76, jan/jun. 2000.

HILLIS, W. E. & BROWN, A. G. (editores). **Eucalypts of wood production**. CSIRO, Austrália, 1978. 434p.

HILLIS, W. E. Wood quality and growing to meet market requirements. In: THE FUTURE OF *Eucalyptus* FOR WOOD PRODUCTS, 2000, LAUNCESTON. **Proceedings...** LAUNCESTON. IUFRO, 2000, p. 256-265.

HOPKINS, E.R. Fluctuations in the girth of regrowth eucalypt stems. **Australian Forestry**, n. 29, p. 29-95, 1966.

JACOBS, M.R. The fibre tension of woody stems with special refernce to the genus *Eucalyptus*. In: **Commonwealth Government Printer**: Camberra, 1938, 39p.

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ESALQ/USP, 1995, p. 109-118.

JONES, D.A.; WILKINS, D.A. **Variation in adaptation in plant species**. London, Heinemann, 1971. 184p.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1980. 125 f. Dissertação (Mestrado em Genética), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **IPEF**, Piracicaba, v. 24, p. 9-26, 1983.

KANG, H. 1979. Designing a tree breeding system. In: **Proc. Seventeenth Meeting Canadian Tree Improvement Association**. p. 51-66.

KIKUTI, P. **Parâmetros genéticos em progênies de meios irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden na região de Telêmaco Borba - PR**. 1988. 199 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

KITZMILLER, J.H. Progeny testing - objectives and design. In: SERVICEWIDE GENETIC WORKSHOP, 1983, Charleston. **Proceedings...** Charleston: **South Carolina**, 1983. p.231-247

KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, v.10, n.3, p. 61-119, 1987.

LARCHER, W.; BAUER, H. Ecological significance of resistance to low temperature. In: Encyclopedia of plant physiology. **Physiological Plant Ecology**: I. Responses to the physical environment. Berlim: Springer-Verlag. 1981.

LELLES, J. G. de; SILVA, J. C. Problemas e soluções sobre rachaduras de topo de madeiras de *Eucalyptus spp*. Nas fases de desdobro e secagem. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p.62-69, 1997.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.

LOPEZ, J.A. Nociones sobre mejoramiento genético forestal. Estratégias y selección de árboles superiores. **Informe Técnico Número 6. INTA: EEA Balla Vista – Centro Regional Corrientes**. 1994. 17p.

LYNCH, M. C.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 980 p.

MALAN, F.S. Eucalyptus improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. P.1-19.

MALAN, F.S. The control of end splitting in sawlogs: A short literature review. **South African Forest Journal**. n.109, p. 14-18, jun. 1979

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos e avaliação da eficiência da seleção precoce em *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** 1995. 69 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARTINS, I. S. *et al.* Comparação entre os processos de seleção entre e dentro e o de seleção combinada, em progênies de *Eucalyptus grandis*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 16-24, 2005.

MARTINS, I. S.; PIRES, I. E.; OLIVEIRA, M. C. Divergência genética em progênies de uma população de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 81-89, 2002.

MATHESON, A.C. Breeding strategies for MTPs. In: **Tree Improvement of Multipurpose Species**. Multipurpose Tree Species NetWork Technical Series, v.2:67-99, 1990

MATLEY, J.F. Theoretical calculations of the pressure distribution on the basal section of the tree. **Forestry**, London, v.2, n.1, 1928, p.39-72.

MENDOZA, L. Notes on *Eucalyptus benthamii* in Argentina. In: COLLOQUES INTERNATIONAL SUR LES EUCALYPTUS RESISTANTS AU FROID, 1983, Bordeaux. **Annales...** Bordeaux: IUFRO, 1983. p.480.

MORAES, M.A.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E.; SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em Luiz Antônio-SP, **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v.19, n. 2, p. 113-118, dez. 2007.

MORAES, M.L.T.; **Variação genética de densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento**. Piracicaba, 1987. 115p. (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- MORI, E. S.; LELLO, L. R. B.; KAGEYAMA, P. Y. Efeito da interação genótipo x ambiente em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, n. 33, p. 19-25, 1986.
- NAMKOONG, G.; ROBERDS, J.H. 1974. Choosing mating designs to efficiently estimate genetic variance components for trees. **Silvae Genetica**, 23:43-53.
- NAMKOONG, G.; SNYDER, E.B.; STONECYPHER, R.W. 1966. Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedlings orchards. **Silvae Genetica**, 15(3):76-84.
- NAMKOONG, G.; BARNES, R.D. & BURLEY, J. **A philosophy or breeding strategy for tropical forest trees**. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1980. 67p.
- NICHOLSON, J.E. Growth stress differences in eucalyptus. **Forest Science**, v.19, n.3, p.169-174, 1973.
- NICHOLSON, J.E. ; HILLIS, W.E. ; DITCHBURNE, N. Some tree growth – wood property relationships of eucalyptus. **Canadian Journal of Forest Research**, v.5, n.3, p.424-432, 1975.
- NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. B.; KLOCK, H. Características anatômicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e sua influência na qualidade do papel. Curitiba: UFPR, 1998, 8 p. Não publicado.
- NUNES, G.H.S.; RESENDE, G.D.S.P.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. Implicações da interação genótipo x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Revista Cerne**, Lavras, v.8, n.1, p. 49-58, 2002.
- ODA, S.; MELLO, E.J.; SILVA, J.F.; SOUZA, I.C.G. Melhoramento Florestal. In: BORÉM, A. **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2007. p.123-142.
- OKUYAMA, T. Assessment of growth stresses and peripheral strain in standing trees. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTUS*. Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.3, p.1-14. p.01-07., 1997).
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTO, P.E.T.; FERREIRA, C.A. Eucaliptos indicados para plantio no estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45 p. (Embrapa Florestas Documentos 129).
- PAN, C.; TAJCHMAN, S.J.; KOCHENDERFER, J.N. Dendroclimatological analysis of major forest species of the central Appalachians. **Forest Ecology and Management**, n. 98, p. 77-87, 1997.
- PAULA, R. C. de.; PIRES, I. E.; BORGES, R. de C. G.; CRUZ, C. D. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 159-165, fev. 2002.
- PEREIRA, A. B. **Avaliação de eficiência da seleção precoce em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., na região noroeste do Estado de Minas Gerais**. 1996. 68 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PEREIRA, M. B.; VENCOVSKY, R. Limites de seleção recorrente. I. Fatores que afetam o acréscimo das frequências alélicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 769-780, 1988.

PETERSON, D.W.; PETERSON, D.L.; ETTL, G.J. Growth responses of subalpine fir (*Abies lasiocarpa*) to climatic variability in the Pacific Northwest. **Canadian Journal of Forest Research**, n. 32, p. 1503-1517, 2002.

PINTO JÚNIOR, J.E. **REML/BLUP para análise de múltiplos experimentos, no melhoramento genético de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2004. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PINTO JÚNIOR, J.E.; GARLIPP, R.C.D. Eucalipto. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. **Agricultura tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p.801-822.

PONCE, R. H. Eucalipto: uso alternativo da madeira. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p.52-57, 1997.

PONCE, R.H. Madeira serrada de eucalipto: Desafios e Perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p.50-58.

RAMALHO, M.A.P. Emprego da seleção recorrente no melhoramento de essências florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1., Belo Horizonte, 1993. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1993. P. 21-37.

RAWLINGS, J. O. Present status of research on long and short-term recurrent selection in finites populations: choice of population size. In: MEETING OF WORKING GROUP ON QUANTITATIVE GENETICS, 2., 1970, New Orleans. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1970. p. 1-15.

RESENDE, M. D. V. de. Avanços da biométrica florestal. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997. p. 20-46

RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de espécies perenes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 357-421.

RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de espécies perenes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 321-357.

- RESENDE, M. D. V. de. Novas abordagens estatísticas na análise de experimentos de campo. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 60 p. (**Embrapa Florestas Documentos 100**).
- RESENDE, M. D. V. de.; VENCOSKY, R. Condução e utilização de bancos de conservação genética de espécies de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p. 434-439.
- RESENDE, M. D. V. de; HIGA, A. R. Estimação de parâmetros genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e de seus parentes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 11-36, 1994.
- RESENDE, M. D. V. de; ROSA-PEREZ, J. R. H. **Genética quantitativa e estatística no melhoramento animal**. Curitiba: Imprensa Universitária, 1999. 496 p.
- RESENDE, M.D.V. de; BERTOLUCCI, F.L.G. 1995. Maximization of genetic gain with restriction on effective population size and inbreeding in *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE "**Eucalypt Plantations: Improving Fibre Yield and Quality**". Hobart-Austrália. p.167-170.
- RESENDE, M.D.V. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2002. 975p.
- RESENDE, M.D.V. Melhoramento de Essências Florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa, Editora UFV, 2005. 717-780.
- RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEN - REML/BLUP**. Colombo. EMBRAPA – CNPF, 2002b. (Série documentos, 77). 67p.
- RESENDE, M.D.V.; BARBOSA, M.H.P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005
- RICHTER, K.; ECKSTEIN, D.; HOLMES, R.L. The dendrochronological signal of pine trees (*Pinus spp.*) in Spain. **Tree – Ring Bulletin**, n.51, p. 1-13, 1991
- ROBERTSON, A. 1960. A theory of limits in artificial selection. **Proc. R. Soc. London Ser. B.**, 153:234-49.
- ROBINSON, H. F.; COCKERHAM, C.C. Estimación y significado de los parâmetros genéticos. **Fitotecnia Latino Americana**, v. 2, p. 23-38, 1965.
- ROUTSALAINEN, S., LINDGREEN, D. Predicting genetic gain of backward and forward selection in forest tree breeding. **Silvae Genetica**, v.47, n.1, p.42- 50, 1998.
- RUBINO, D.L.; MCCARTHY, B.C. Dendroclimatological analysis of White Oak (*Quercus alba* L., Fagaceae) from an old-growth forest of southeastern Ohio, USA. **Journal of the Torrey Botanical Society**, n. 127, p. 240-250, 2000.

SAMPAIO, P. T. B.; RESENDE, M. D. V. de; ARAÚJO, A. J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus oocarpa* Schiede. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, DF, v. 37, n. 5, p. 625-636, 2002.

SANTOS, G.A. **Melhoramento Florestal na Klabin**. Telêmaco Borba, jun. 2008. Palestra apresentada na XX Reunião da Comissão Técnica de Genética e Melhoramento Florestal – CTGMS da Sociedade de Investigações Florestais – SIF.

SANTOS, P.E.T.; **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênies de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético**. Piracicaba, 2002. 153p. (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SATO, A. S. *et al.* Seleção dentro de progênies de *E. resinifera* aos 21 anos de idade em Luiz Antonio-SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 93-100, 2007.

SCARIOT, A. Forest fragmentation effects on palm diversity in central Amazônia. **Journal of ecology**, v.87, p.66-76, 1999.

SCHACHT, L. **Varição de caracteres e suas implicações para o melhoramento genético da madeira serrada de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. Piracicaba, 1998. 58p. (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SEARLE, S. R.; CASELLA, G.; MCCULLOCH, C. E. **Variance components**. New York: J. Wiley, 1992. 528 p.

SHELBOURNE, G.J.A. Genotype-environment interaction: Its study and implications in forest tree improvement. In: **IUFRO Genetics Sabrao Joint Symposia**, 1972, Tokyo. **Anais Tokyo**, 1972. p. B-1(I), 1 - B-1(I),28.

SHENONE, R.A. **Varição genética em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2000. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Área de Concentração em Silvicultura, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SHERIFF, D.W.; MARGOLIS, H.A.; REICH, P.B. Resource use efficiency. In: SMITH, W. K.; HINCKLEY, T.M., eds. **Resource physiology of conifers: acquisition, allocation, and utilization**. San Diego, Academic Press, 1995. p. 143-178.

SIMEÃO, R.M.; STURION, J.A., RESENDE, M.D.V.; FERNANDES, J.S.C.; NEIVERTH, D.D.; ULBRICH, A.L. Avaliação genética em erva-mate pelo procedimento BLUP individual multivariado sob interação genótipo x ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.11, p.1589-1596, nov. 2002.

SOUZA, S.M.; SILVA, H.D.; PINTO JÚNIOR, J.E. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente em *Eucalyptus pilularis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.26/27, p.3-16, jan/dez. 1993.

SQUILLACE, A.E.; BINGHAM, R.T.; NAMKOONG, G.; ROBINSON, H.F. Heritability of juvenile growth rate and expected gain from selection in Western pine. **Silvae genetica**, v.16, n.1, p.1-6, 1967.

STREINER, D.L. Do you see what I mean?: indices of central tendency. **Canadian Journal of Psychiatry**, v.45, n. 9, p. 833-836, 2000.

STURION, J. A. **Variação genética de características de crescimento e de qualidade da madeira em progênies de *Eucalyptus viminalis* LABILL.** 1993. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SWAIN, T. An overview of the status of cold tolerant eucalypt trials in South Africa. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS=CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Proceedings...=Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 1, p. 69-76.

VENCOVSKY, R. Effective size of monoecious populations submitted to artificial selection. **Brazilian Journal of Genetics**, v.1, n.3, p.181-191, 1978.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W. E. (Coord.). **Melhoramento e genética.** São Paulo: Melhoramentos, 1969. p. 17-37.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. Variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus*. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p.57-61, 1997.

VLECK, L. D. van.; POLLAK, E.J.; OLTENACU, E.A.B. **Genetical for the animal Sciences.** New York: W.H. Freeman, 1987. 391p.

VOLKER, P. W.; DEAN, C. A.; TIBBITS, W. N.; RAVENWOOD, I. C. Genetic parameters and gains expected from selection in *Eucalyptus globulus* in Tasmania. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 39, n. 1, p. 18-28, 1990.

WATERMAN, P.G.; MOLE, S. Soil nutrients and plant secondary compounds. In: PROCTOR, J., ed. Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems. Oxford, **Blackwell Scientific Publication**, 1989. p. 241-254.

WILCOX, M.D.; FAULDS, T.; VINCENT, T.G.; POOLE, B.R. Genetic variation in frost tolerance among open-pollinated families of *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Australian Forestry Research**, Canberra, v.10, p.169-184, 1980.

WILHELMY, V.; KUBLER, H. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses. **Wood Science**, Madison, v. 6, n. 2, p. 136 – 42. 1973.

WRIGHT, J. W.; PAULEY, S. S.; POLK, R. B.; JOKELA, J. J. Performance of Scotch pine varieties in north central region. **Silvae Genetica**, v. 15, p. 101-110, 1966

YONQI, Z.; HUORAN, W.; RONGGUI, Z.; QINGSHENG, M. Trials of *Eucalyptus smithii* and other eucalypt species in Yunnan province, China. In: BROWN, A.G., ed. Australian tree species research in China: **Proceedings...** Canberra: ACIAR, 1994. p.116-122. (**ACIAR Proceedings, 48**).

ZOBEL, B.J. & TALBERT, J.T. **Applied forest tree improvement**. New York, John Wiley, 1984. 505p.

ZOBEL, B.J. & TALBERT, J.T. **Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales**. North Caroline: Editorial Limusa. 1988, 545p.